



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA AGROPECUARIA

Trabajo de Integración
Curricular previa la obtención
del Grado Académico de
Ingeniero Agropecuario

Proyecto de Investigación:

**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ALGAS MARINA (*Ascophyllum nodosum*) EN
LA PRIMERA ETAPA DE DESARROLLO VEGETAL DEL CULTIVO DE
PIMIENTO PICANTE CAROLINA REAPER (*Capsicum chinense*)”**

Autor:

JAIR ELIAN GONZALEZ ROMERO

Director de Proyecto de Investigación:

DRA. ANA RUTH ÁLVAREZ SÁNCHEZ

Mocache – Los Ríos – Ecuador.

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Gonzalez Romero Jair Elían** declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Jair Gonzalez', is written over a horizontal line.

Gonzalez Romero Jair Elían

C.I: 0956760839



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La suscrita, **Dra. Ana Ruth Álvarez Sánchez**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Gonzalez Romero Jair Elian**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ALGAS MARINA (*Ascophyllum Nodosum*) EN LA PRIMERA ETAPA DE DESARROLLO VEGETAL DEL CULTIVO DE PIMIENTO PICANTE CAROLINA REAPER (*Capsicum chinense*)”**, previo a la obtención del título de **Ingeniería Agropecuaria**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Dra. Ana Ruth Álvarez Sánchez
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Dra. Ana Ruth Álvarez Sánchez**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado **“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ALGAS MARINA (*Ascophyllum Nodosum*) EN LA PRIMERA ETAPA DE DESARROLLO VEGETAL DEL CULTIVO DE PIMIENTO PICANTE CAROLINA REAPER (*Capsicum chinense*)”**, Presentado por el estudiante **Gonzalez Romero Jair Elian**, egresado de la Carrera **Agropecuaria**, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles de originalidad en un 96% y similitud 4%, del trabajo investigativo. Válido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.



Document Information

Analyzed document	EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ALGAS MARINA tesis jair gonzalez.docx (D176595239)
Submitted	2023-10-23 00:24:00
Submitted by	
Submitter email	jair.gonzalez2018@uteq.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	aalvarezs.uteq@analysis.urkund.com

Dra. Ana Ruth Álvarez Sánchez

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ALGAS MARINA (*Ascophyllum nodosum*) EN LA PRIMERA ETAPA DE DESARROLLO VEGETAL DEL CULTIVO DE PIMIENTO PICANTE CAROLINA REAPER (*Capsicum chinense*)”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario**

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Ramos Remache Rommel

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Palma León Roxanna

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Cabezas Guerrero Milton

MOCACHE – LOS RÍOS – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTO

Primero que nada, gracias a Dios por darme la fuerza para nunca rendirme y seguir triunfando en lo que me proponga. Gracias a mis padres y hermanos quienes han sido el principal impulsor de todos mis logros hasta ahora.

Gracias a mi familia y amigos que de una forma u otra me han mostrado el apoyo necesario cuando lo necesitaba. Mi mentora del proyecto la DRA. ANA RUTH ÁLVAREZ SÁNCHEZ por su valioso y desinteresado asesoramiento durante el desarrollo del proyecto.

También quisiera agradecer a todos mis compañeros por apoyarme cuando más lo necesité, extendiéndome la mano cuando estaba en dificultades y darme consejos todos, los estimo mucho a todos y siempre los llevaré en mi corazón.

Finalmente, me gustaría agradecer a todos los que indirectamente me ayudaron a realizar este gran sueño.

DEDICATORIA

A mis padres, Carlos Gonzalez, Amaro Romero, Por su amor incondicional, su apoyo incansable y su sacrificio constante a lo largo de mi vida. Ustedes son la razón por la que he llegado hasta aquí y cada logro que he alcanzado lleva su huella. Gracias por ser mi inspiración y por inculcarme valores de perseverancia y determinación que me han llevado a este punto.

A mis hermanos, Vanessa Gonzalez, Omar Gonzalez, Por ser mi refugio en los momentos difíciles y por compartir conmigo las alegrías de cada logro. Siempre han sido un recordatorio constante de la importancia de la familia en mi vida.

A mis amigos, Por su amistad leal y su constante ánimo. Cada conversación, cada risa compartida y cada consejo han sido un regalo invaluable en mi viaje académico.

A mis profesores y mentores, Por su sabiduría, su guía experta y su dedicación a mi desarrollo académico. Sus enseñanzas y orientación han sido fundamentales para mi crecimiento como estudiante y como persona.

A todos los que, de una u otra manera, han sido parte de mi vida y mi viaje académico. Gracias por ser mi fuente de inspiración, por creer en mí cuando a veces dudaba de mí mismo y por compartir este logro conmigo. Este trabajo no solo es mío, sino de todos ustedes que han estado a mi lado.

Con gratitud y cariño,

ATT: Gonzalez Romero Jair Elian

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de algas (*A. nodosum*) en la primera etapa de desarrollo vegetal del cultivo de pimiento picante Carolina Reaper (*C. chinense*), con concentraciones del 0, 100, 75, 50 y 25% del alga *A. nodosum* en un experimento donde se empleó un DCA con 5 tratamientos, 4 repeticiones, en el experimento se evidencio que las distintas concentraciones del alga no fueron superiores al testigo al cual solo se le suministro agua destilada en las variables: porcentaje de emergencia, altura de planta, largo y ancho de hoja, biomasa fresca y seca, a diferencia de la longitud de raíz en donde se observó que las plantas empleado el 25% del biofertilizante obtuvo resultados aceptables, se estudió el efecto del biofertilizante en la altura de la planta a los 30 y 60 días, en donde se observó que en los primeros 30 días las concentraciones de biofertilizantes fueron inferiores con 9.03 cm que las aplicaciones con agua destilada la cual mostro plantas con alturas de 9.39 cm, a los 60 días se mostró un cambio dando como resultado que las distintas concentraciones fueron superiores al testigo con plantas con alturas superiores a los 22 cm, concluyendo que en la etapa inicial el alga *A. nodosum* promueve un crecimiento lento, pero en la segunda etapa de desarrollo del cultivo promueve el crecimiento de manera eficaz empleando dosis altas del biofertilizante.

Palabras claves: *Agricultura; Sostenibilidad; Capsaicina; Hortalizas;*

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the effect of the application of algae (*A. nodosum*) in the first stage of plant development of the Carolina Reaper hot pepper crop (*C. chinense*), with concentrations of 0, 100, 75, 50 and 25% of the algae *A. nodosum* in an experiment where a DCA was used with 5 treatments, 4 repetitions, in the experiment it was evident that the different concentrations of the algae were not higher than the control to which only distilled water was supplied in the variables: emergence percentage, plant height, leaf length and width, fresh and dry biomass, unlike root length where it was observed that the plants using 25% of the biofertilizer obtained acceptable results, the effect of the biofertilizer was studied in the height of the plant at 30 and 60 days, where it was observed that in the first 30 days the concentrations of biofertilizers were lower with 9.03 cm than the applications with distilled water which showed plants with heights of 9.39 cm, at 60 days a change was shown, resulting in that the different concentrations were higher than the control with plants with heights greater than 22 cm, concluding that in the initial stage the algae *A. nodosum* promotes slow growth, but in the second stage of development of the cultivation promotes growth effectively using high doses of the biofertilizer.

Keywords: *Agriculture; Sustainability; Capsaicin; Vegetables;*

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE ECUACION.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xix
CÓDIGO DUBLIN	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de investigación	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
Diagnóstico.....	5
Pronóstico	5

1.1.2.	Formulación del problema.....	5
1.1.3.	Sistematización del problema.....	5
1.2.	Objetivos.....	6
1.2.1.	Objetivo general	6
1.2.2.	Objetivos específicos.....	6
1.3.	Justificación	6
CAPÍTULO II.....		8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN		8
2.1.	Marco conceptual.....	9
2.1.1.	Agricultura sostenible.....	9
2.1.2.	Bioestimulantes	9
2.1.3.	Desarrollo vegetativo.....	9
2.1.4.	Emergencia	9
2.1.5.	Fertilización orgánica	9
2.1.6.	Nutrición vegetal	10
2.1.7.	Rendimiento	10
2.2.	Marco teórico	11
2.2.1.	Capsicum chinense	11
2.2.2.	Pimiento picante Carolina Reaper (Capsicum chinense) generalidades	11
2.2.3.	Descripción taxonómica del pimiento Carilina Reaper	12
2.2.4.	Descripción botánica del pimiento picante.....	13

2.2.4.1.	El sistema radicular	13
2.2.4.2.	El tallo	13
2.2.4.3.	Las hojas.....	13
2.2.5.	Etapas fenológicas del cultivo del pimiento	14
2.2.5.1.	Etapas 1 – germinación.....	14
2.2.5.2.	Etapas 2; crecimiento.....	15
2.2.6.	Requerimientos edafoclimáticos.....	16
2.2.7.	Plagas y enfermedades.....	17
2.2.7.1.	Pulgón (<i>Myzus persicae</i> ; <i>Aphis gossypii</i>).....	17
2.2.7.2.	Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	17
2.2.7.3.	Marchitez o marchitez del pimiento (<i>Phytophthora capsici</i>)	17
2.2.7.4.	Cercosporiosis de pimiento u ojo de pollo (<i>Cercospora capsici</i>).....	17
2.2.8.	Labores culturales.....	18
2.2.8.1.	Trasplante	18
2.2.8.2.	Poda.....	18
2.2.8.3.	Riego	18
2.2.8.4.	Fertilización.....	18
2.2.9.	Importancia del uso de biofertilizantes en la agricultura.....	19
2.2.10.	<i>Ascophyllum nodosum</i>	20
2.2.10.1.	Taxonomía	21
2.2.11.	Algas marinas en la industria.....	21

2.2.11.1. Extractos de algas marinas.....	22
2.2.11.2. Componentes de los extractos de algas.....	23
2.2.11.3. Efecto de las algas marinas como fertilizante.....	24
2.2.11.4. Aplicación de extractos de algas marinas en el cultivo	25
2.2.11.5. Efecto de las algas marinas en el suelo.....	25
CAPÍTULO III	27
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
3.1. Localización.....	28
3.1.1. Condiciones agroclimáticas de la zona de realización del ensayo.	28
3.2. Tipos de investigación	29
3.3. Métodos de investigación	29
3.3.1. Inductivo.....	29
3.3.2. Deductivo	29
3.3.3. Analítico	29
3.4. Fuentes de recopilación de la información	30
3.5. Diseño experimental	30
3.5.1. Análisis de varianza.....	30
3.5.2. Delineamiento del experimento.....	31
3.6. Manejo del experimento	31
3.6.1. Establecimiento de semilleros	31
3.6.2. Inoculación de las semillas	31

3.6.3.	Preparación del suelo.....	32
3.6.4.	Delineación del suelo.....	32
3.6.5.	Trasplante	32
3.6.6.	Control de malezas	32
3.6.7.	Fertilización, aplicación del alga (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	33
3.7.	Variables evaluadas	33
3.7.1.	Porcentaje de emergencia	33
3.7.2.	Altura de las plantas (cm).....	33
3.7.3.	Longitud de la raíz (cm)	33
3.7.4.	Ancho y largo de las primeras hojas verdaderas (cm).....	33
3.7.5.	Cálculo de biomasa fresca (g)	34
3.7.6.	Cálculo de biomasa seca (g)	34
3.8.	Tratamientos de los datos	34
3.9.	Recursos Humanos y Materiales.....	34
3.9.1.	Recursos humanos	34
3.9.2.	Recursos materiales	34
CAPITULO IV		36
RESULTADOS Y DISCUSIONES		36
3.10.	Porcentaje de la emergencia.....	37
3.11.	Parámetros agronómicos.	38
3.11.1.	Altura de las plantas a los 30 y 60 días (cm)	38

3.11.2.	Largo de hoja (cm).....	40
3.11.3.	Ancho de hoja (cm).....	41
3.11.4.	Longitud de la raíz (cm).....	43
3.11.5.	Biomasa fresca (g)	44
3.11.6.	Biomasa seca (g).....	45
CAPITULO V		47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		47
4.1.	Conclusiones.....	48
4.2.	Recomendaciones	49
CAPITULOS VI.....		50
BIBLIOGRAFIA		50
6.1.	Bibliografía	51
CAPITULO VII.....		60
ANEXO		60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación taxonómica del cultivo de Pimiento Picante.</i>	12
Tabla 2 <i>Clasificación taxonómica del alga parda.</i>	21
Tabla 3 <i>Condiciones del Campus Universitario "La Maria".</i>	28
Tabla 4 <i>Esquema del análisis de la varianza.</i>	30
Tabla 5 <i>Descripción de los tratamientos a estudio.</i>	31
Tabla 6 <i>Dosis de extracto de alga marina por tratamiento.</i>	32
Tabla 7 <i>Materiales y equipos empleados en la investigación.</i>	35
Tabla 8 <i>Porcentaje de germinación.</i>	37
Tabla 9 <i>Parámetros agronómicos evaluados durante la fase inicial cultivo de pimiento picante Carolina Reaper.</i>	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Pimiento picante carolina reaper (Capsicum chinense)</i>	12
Figura 2 <i>Alga marina Ascophyllum nodosum</i>	20
Figura 3 <i>Extractos de algas marinas</i>	22
Figura 4 <i>Extracto bioactivo de algas marinas</i>	24
Figura 5 <i>Distintos pigmentos de algas marinas</i>	26
Figura 6 <i>Mapa satelital del asentamiento de la investigación</i>	28
Figura 7 <i>Altura de planta a los 30 y 60 días</i>	39
Figura 8 <i>Longitud de hojas a los 30 días</i>	41
Figura 9 <i>Diámetro de hoja a los 30 días</i>	42
Figura 10 <i>Longitud de raíz a los 30 días</i>	43
Figura 11 <i>Biomasa fresca a los 30 días</i>	44
Figura 12 <i>Biomasa seca a los 30 días</i>	46

ÍNDICE DE ECUACION

Ecuación 1 <i>Porcentaje de emergencia.</i>	33
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Análisis de varianza de la altura de planta a los 30 días.....</i>	61
Anexo 2 <i>Análisis de varianza de la longitud de raíz a los 30 días.</i>	61
Anexo 3 <i>Análisis de varianza de la longitud de la hoja a los 30 días.</i>	61
Anexo 4 <i>Análisis de varianza del diámetro de hoja a los 30 días.</i>	61
Anexo 5 <i>Análisis de varianza de la biomasa fresca a los 30 días.</i>	62
Anexo 6 <i>Análisis de varianza de la biomasa seca a los 30 días.</i>	62
Anexo 7 <i>Análisis de varianza de la altura de planta a los 60 días.....</i>	62
Anexo 8 <i>Preparación de las concentraciones del biofertilizante.</i>	63
Anexo 9 <i>Concentraciones de biofertilizante a base de A. nodosum.</i>	63
Anexo 10 <i>Siembra y aplicación de biofertilizante.</i>	63
Anexo 11 <i>Germinación de las semillas de pimiento picante.</i>	64
Anexo 12 <i>Limpieza de terreno.</i>	64
Anexo 13 <i>Siembra de plantines.</i>	64
Anexo 14 <i>Colocación de rótulos para identificar los tratamientos.....</i>	65
Anexo 15 <i>Peso de la biomasa fresca.</i>	65
Anexo 16 <i>Aplicación de biofertilizante.....</i>	65
Anexo 17 <i>Toma de variables agronómicas.....</i>	66
Anexo 18 <i>Aplicación de herbicidas.</i>	66
Anexo 19 <i>Croquis de campo.</i>	66

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Efecto de la aplicación de algas marina (<i>Ascophyllum nodosum</i>) en la primera etapa de desarrollo vegetal del cultivo de pimiento picante carolina reaper (<i>Capsicum chinense</i>)			
Autor:	Gonzalez Romero Jair Elían			
Palabras claves:	<i>Agricultura;</i>	<i>Sostenibilidad;</i>	<i>Capsaicina;</i>	<i>Hortalizas;</i>
Fecha de publicación	Noviembre 2023			
Editorial:	Quevedo UTEQ “La María”, 2023			
Resumen:	La presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de algas (<i>A. nodosum</i>) en la primera etapa de desarrollo vegetal del cultivo de pimiento picante Carolina Reaper (<i>C. chinense</i>), con concentraciones del 0, 100, 75, 50 y 25% del alga <i>A. nodosum</i> en un experimento donde se empleó un DCA con 5 tratamientos, 4 repeticiones, en el experimento se evidencio que las distintas concentraciones del alga no fueron superiores al testigo al cual solo se le suministro agua destilada en las variables: porcentaje de emergencia, altura de planta, largo y ancho de hoja, biomasa fresca y seca, a diferencia de la longitud de raíz en donde se observó que las plantas empleado el 25% del biofertilizante obtuvo resultados aceptables, se estudió el efecto del biofertilizante en la altura de la planta a los 30 y 60 días, en donde se observó que en los primeros 30 días las concentraciones de biofertilizantes fueron inferiores con 9.03 cm que las aplicaciones con agua destilada la cual mostro plantas con alturas de 9.39 cm, a los 60 días se mostró un cambio dando como resultado que las distintas concentraciones fueron superiores al testigo con plantas con alturas superiores a los 22 cm, concluyendo que en la etapa inicial el alga <i>A. nodosum</i> promueve un crecimiento lento, pero en la segunda etapa de desarrollo del cultivo promueve el crecimiento de manera eficaz empleando dosis altas del biofertilizante.			
Abstract:	The objective of this research is to evaluate the effect of the application of algae (<i>A. nodosum</i>) in the first stage of plant development of the Carolina Reaper hot pepper crop (<i>C. chinense</i>), with concentrations of 0, 100, 75, 50 and 25% of the algae <i>A. nodosum</i> in an experiment where a DCA was used with 5 treatments, 4 repetitions, in the experiment it was evident that the different concentrations of the algae were not higher than the control to which only distilled water was supplied in the variables: emergence percentage, plant height, leaf length and width, fresh and dry biomass, unlike root length where it was observed that the plants using 25% of the biofertilizer obtained acceptable results, the effect of the biofertilizer was studied in the height of the plant at 30 and 60 days, where it was observed that in the first 30 days the concentrations of biofertilizers were lower with 9.03 cm than the applications with distilled water which showed plants with heights of 9.39 cm, at 60 days a change was shown, resulting in that the different concentrations were higher than the control with plants with heights greater than 22 cm, concluding that in the initial stage the algae <i>A. nodosum</i> promotes slow growth, but in the second stage of development of the cultivation promotes growth effectively using high doses of the biofertilizer.			
Descripción:	(87) hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162			
URI:				

INTRODUCCIÓN

La agricultura desempeña un papel fundamental en la economía mundial, ya que abastece a la población con alimentos y genera empleo en diversos países. Sin embargo, el aumento de la demanda de alimentos y los desafíos ambientales actuales exigen encontrar soluciones sostenibles que impulsen la productividad de los cultivos sin comprometer la salud del suelo y el medio ambiente. En este contexto, el uso de fertilizantes orgánicos ha surgido como una alternativa prometedora para reemplazar a los fertilizantes químicos convencionales, que pueden tener impactos negativos en los ecosistemas naturales (1).

En el caso específico de Ecuador, la agricultura desempeña un rol significativo en la economía nacional, siendo uno de los sectores clave para el desarrollo del país. No obstante, el uso excesivo de fertilizantes químicos ha generado preocupaciones acerca de su impacto en la calidad del suelo y la contaminación del agua, lo cual plantea la necesidad imperante de buscar alternativas más sostenibles. Es esencial explorar enfoques que mejoren la producción agrícola y preserven los recursos naturales para garantizar la seguridad alimentaria y el desarrollo económico a largo plazo (2).

Entre las soluciones prometedoras, se destaca el uso de algas marinas y sus derivados como biofertilizantes. Las algas marinas poseen una composición única rica en macro y micronutrientes vegetales, oligoelementos, ácido algínico, vitaminas, auxinas, giberelinas y antibióticos. Estos compuestos beneficiosos promueven el fortalecimiento de las plantas, mejoran el rendimiento de los cultivos y aumentan su calidad. La aplicación de biofertilizantes basados en algas marinas representa una alternativa viable y menos perjudicial para el medio ambiente en comparación con los fertilizantes químicos tradicionales.

En esta investigación, se propone evaluar el impacto de la aplicación de alga marina (*Ascophyllum nodosum*) en el crecimiento y producción del Pimiento picante Carolina Reaper (*Capsicum chinense*). Mediante la biofertilización con algas marinas, se espera satisfacer las necesidades de micronutrientes a través de la aplicación foliar. Cabe resaltar que, si bien la fertilización foliar puede mejorar el desarrollo y rendimiento de los cultivos, no puede suplir por completo todos los nutrientes necesarios en cantidades significativas.

Por lo tanto, se considera una práctica especializada para cubrir deficiencias o necesidades específicas de nutrientes.

La importancia de este proyecto radica en su potencial para fomentar prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, al tiempo que se busca mejorar la productividad y calidad de los cultivos. Además, se pretende generar conocimiento científico sólido sobre el uso de algas marinas como biofertilizantes en el contexto específico de Ecuador. Este estudio contribuirá a la expansión del conocimiento en el campo de la agricultura sostenible y proporcionará información relevante para los agricultores, investigadores y tomadores de decisiones del sector agrícola, quienes podrán aprovechar los resultados obtenidos para promover prácticas agrícolas más eficientes y ambientalmente amigables (3).

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. *Planteamiento del problema*

La agricultura actual se enfrenta a un problema generalizado relacionado con la falta de nutrientes en la mayoría de los suelos utilizados para la producción agrícola. Estos suelos no cumplen con los requerimientos necesarios para una producción económica y ambientalmente viable. Además, muchos agricultores carecen de conocimientos sobre el uso de otros recursos para mejorar la falta de nutrientes en los cultivos.

Esta situación obliga a los productores agrícolas a depender en gran medida de fertilizantes químicos y plaguicidas como soluciones rápidas para garantizar una producción aceptable. Aunque estos insumos agrícolas ofrecen beneficios inmediatos, su uso inadecuado y la falta de una gestión eficaz resultan en impactos ambientales y de salud adversos a lo largo de su ciclo de vida.

El problema se traduce en un aumento significativo en los costos de producción y en el deterioro acelerado de los agroecosistemas. En las últimas décadas, se ha intensificado la presión sobre el sector agroindustrial para buscar y desarrollar nuevos productos y estrategias que promuevan una producción agrícola sostenible y la obtención de alimentos más saludables.

En este contexto, garantizar un suministro adecuado de nutrientes se convierte en un factor crítico para lograr altos niveles de productividad en la agricultura, especialmente cuando los cultivos se encuentran en suelos con una capacidad natural insuficiente para proporcionar estos nutrientes. Por lo tanto, es necesario desarrollar estrategias de gestión de nutrientes efectivas que aborden la deficiencia de nutrientes en los suelos agrícolas y promuevan una producción sostenible.

Este estudio de tesis se propone investigar y desarrollar estrategias innovadoras de gestión de nutrientes que permitan mejorar la disponibilidad y eficiencia de los nutrientes en los suelos deficientes. El objetivo es reducir la dependencia de los fertilizantes químicos y los plaguicidas, al tiempo que se promueve la productividad agrícola, la rentabilidad económica y la conservación del medio ambiente. Además, se busca brindar a los agricultores las

herramientas y el conocimiento necesarios para optimizar la fertilidad del suelo y mejorar la calidad de los cultivos.

Al abordar este problema, se espera que los resultados de esta investigación contribuyan al avance de la agricultura sostenible y proporcionen directrices prácticas para la gestión eficiente de nutrientes en la producción agrícola a nivel local y global.

Diagnóstico

El cultivo de Carolina Reaper necesita desarrollarse en suelos que contengan las características adecuadas para su crecimiento, sin embargo, la falta de conocimiento en el uso de suelos por parte de los agricultores ha generado que esta productividad sea escasa. Además, se debe contemplar que es indispensable el uso de fertilizantes químicos, pero al usar la biofertilización del alga marina se establece un suministro a la planta para la mejora de su calidad.

Pronóstico

Al utilizar biofertilizantes del alga marina dentro del desarrollo de esta investigación se logra enfatizar que a una productividad global se tendría que desarrollar grandes lotes de producción para poder generar mayores rasgos de rentabilidad, además de incentivar a los productores agrícolas en el uso de este método para así crear alternativas sustentables ante el medio ambiente y la productividad.

1.1.2. *Formulación del problema.*

¿Qué efecto ejercerán las diferentes concentraciones del alga (*Ascophyllum nodosum*), en el cultivo de pimiento picante Carolina Reaper (*Capsicum chinense*), durante la primera etapa de su desarrollo vegetativo?

1.1.3. *Sistematización del problema.*

¿Cuál será el impacto que generen las diferentes concentraciones del alga (*Ascophyllum nodosum*), en la emergencia de plántulas de pimiento picante Carolina Reaper (*Capsicum chinense*)?

¿Qué acción ejercerá la biofertilización con el alga (*Ascophyllum nodosum*) en los parámetros agronómicos de las plántulas de pimiento picante Carolina Reaper (*Capsicum chinense*) a los 30 y 60 días?

¿Cuál será el efecto que genere la biofertilización con el alga marina (*Ascophyllum nodosum*) en la biomasa inicial del cultivo de pimiento picante Carolina Reaper (*Capsicum chinense*)?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de algas (*Ascophyllum nodosum*) en la primera etapa de desarrollo vegetal del cultivo de pimiento picante Carolina Reaper (*Capsicum chinense*).

1.2.2. Objetivos específicos.

- Evaluar el Impacto de la Aplicación de alga marina (*Ascophyllum nodosum*) en la Emergencia de plántulas de pimiento picante Carolina Reaper (*Capsicum chinense*)
- Analizar parámetros agronómicos en plántulas de pimiento picante Carolina Reaper (*Capsicum chinense*) biofertilizadas con el alga (*Ascophyllum nodosum*) a los 30 y 60 días.
- Evaluar la producción de biomasa inicial del cultivo de pimiento picante Carolina Reaper mediante la aplicación de biofertilizante a base de alga marina (*Ascophyllum nodosum*).

1.3. Justificación

El uso de fertilizantes orgánicos y biofertilizantes en la agricultura moderna se considera un aspecto clave para mejorar las condiciones fisicoquímicas y biológicas del suelo, a la vez que se presenta como una tecnología amigable con el medio ambiente y como una herramienta necesaria para la producción de fertilizantes orgánicos y alimento que tiene mucha demanda

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad evaluar el rendimiento vegetal obtenido en el cultivo de Pimiento Picante Carolina Reaper (*Capsicum chinense*) aplicando el bioestimulante a base de microalgas (*Ascophyllum nodosum*), para esto se desarrollará un experimento de campo, bajo el cual se evaluará la aplicación de biofertilizantes a base de algas marinas.

El enfoque de esta investigación es demostrar que el tratamiento con fertilizantes orgánicos y una dosis completa de extracto de algas marinas muestra un mejor resultado en comparación con otros tratamientos. Se espera que este trabajo proporcione conocimientos prácticos para mejorar la producción y los rendimientos de los cultivos de Pimiento picante biofertilizante en relación con otros métodos de fertilización.

Este estudio pretende ser un punto de partida para que profesionales, estudiantes y agricultores promuevan el manejo adecuado de fertilizantes en el cultivo de Pimiento picante, enfocándose en incrementar el uso de fertilizantes orgánicos y biofertilizantes para mejorar no solo los rendimientos sino también las condiciones físicas, químicas y biológicas de los cultivos.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. *Agricultura sostenible*

Es el enfoque de la producción agrícola que busca satisfacer las necesidades actuales de alimentos, fibra y otros productos agrícolas, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Se basa en prácticas que protegen y mejoran la salud del suelo, la biodiversidad, los recursos hídricos y el medio ambiente en general, al tiempo que promueve la equidad social y económica para los agricultores y las comunidades rurales (4).

2.1.2. *Bioestimulantes*

Son productos naturales o biológicos que se aplican a las plantas para mejorar su crecimiento, resistencia al estrés y desarrollo de sistemas radiculares, sin ser nutrientes ni plaguicidas. Ayudan a potenciar el rendimiento de los cultivos de manera sostenible (5).

2.1.3. *Desarrollo vegetativo.*

Es el proceso mediante el cual las plantas experimentan cambios y crecimiento a lo largo de su ciclo de vida, incluyendo la germinación, crecimiento de tallos, hojas y raíces, la producción de flores y frutos, y su maduración. Este proceso está influenciado por factores ambientales y genéticos (6).

2.1.4. *Emergencia*

El evento observado en los cultivos para la aparición de plantas en la superficie del suelo, que es la etapa posterior a la germinación de semillas o germinación de brotes (7).

2.1.5. *Fertilización orgánica*

Es una práctica agrícola que utiliza materiales naturales de origen animal o vegetal, como compost, estiércol, restos de plantas y otros desechos orgánicos, para enriquecer el suelo con nutrientes y mejorar su fertilidad. Estos materiales se descomponen gradualmente, liberando nutrientes lentamente y mejorando la estructura del suelo, promoviendo así un crecimiento saludable de las plantas sin el uso de productos químicos sintéticos (8).

2.1.6. *Nutrición vegetal*

Se refiere al proceso mediante el cual las plantas obtienen y utilizan los nutrientes esenciales, como minerales y agua, necesarios para su crecimiento, desarrollo y funcionamiento adecuado. Estos nutrientes son absorbidos a través de las raíces y son utilizados en diversas funciones vitales de la planta (9).

2.1.7. *Rendimiento*

Se refiere a la cantidad o calidad de los productos agrícolas obtenidos de un cultivo o área específica, generalmente expresada en términos de cosecha o producción (10).

2.2. Marco teórico

2.2.1. *Capsicum chinense*

Capsicum chinense es miembro del complejo *Capsicum annuum*. Como la mayoría de las otras variedades de ají, los ajíes son nativos de América (más recientemente, América Central, la región de Yucatán en México y las islas del Caribe). Los *C. chinense* son uno de los pimientos más picantes del mundo. Son conocidos por muchos colores y sabores diferentes. Tienen un alto valor decorativo debido a sus hojas perennes y frutos coloridos de diversos tamaños y formas (11).

Son conocidos por sus variados colores y sabores. Tienen un alto valor ornamental debido al atractivo follaje de hoja perenne y frutas multicolores con diferentes tamaños y formas. Los principales miembros de *C. chinense* son los pimientos habanero (de las islas del Caribe, América Central y México), pimientos Arriba Saia (de Brasil), los pimientos Datil (de Florida), los pimientos Fatalii (del sur de África central), Bhut Jolokia o pimientos fantasma (de Assam, India), pimientos de escorpión de Trinidad (de Trinidad), pimientos de Kambuzi, pimientos de Malawi, pimientos de Carolina Reaper (de Carolina del Sur), pimientos Adjuma (de Surinam) y pimientos Ají (de Puerto Rico, Venezuela).

2.2.2. *Pimiento picante Carolina Reaper (Capsicum chinense) generalidades*

El Pimiento picante Carolina Reaper, también conocido como HP22B, es un Pimiento picante artificial, no hay nada natural en este Pimiento picante porque fue criado para ser más picante y nada más, por extraño que parezca, los Pimiento picantes también son muy sabrosos. Por lo general, los Pimiento picantes más picantes tienen un matiz químico, como si realmente pudiera saborear la capsaicina que contienen. Carolina Reaper tiene un aroma dulce y afrutado que se activa justo antes de que se lo huelo (12).

El sabor dulce y afrutado es inicialmente algo inusual para los pimientos picantes, las vainas de la fruta también tienen una forma inusual: son bayas rojas pequeñas y gruesas con una cola de escorpión, la piel puede estar lisa o cubierta de pequeños granos. Por otro lado, se debe saber que se trata de un pimiento que, como su propio nombre indica, es originario de Estados Unidos y pertenece a la familia *Capsicum chinense*. El Carolina Reaper es un pimiento que debe cultivarse en un ambiente con una temperatura entre 14°C y 25°C (13).

El cultivo de este pimiento en casa ya sea en maceta o plantado directamente en el suelo, se debe tomar en cuenta que se debe colocar la planta a la luz directa del sol. Es bueno que esta planta no alcance una gran altura. Lo máximo que puede alcanzar esta variación de pimiento es de unos 100 cm de altura. Eso sí, cuando se vaya a recoger una planta, tener mucho cuidado, ya que solo tocar la planta con la piel puede causar serios problemas (13).

Figura 1

Pimiento picante Carolina Reaper (Capsicum chinense).



Fuente: (12).

2.2.3. Descripción taxonómica del pimiento Carilina Reaper

En la siguiente (Tabla 1) se describe la taxonomía del pimiento picante Carolina Reaper.

Tabla 1

Clasificación taxonómica del cultivo de Pimiento Picante.

Rango taxonómico	Descripción
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Genero:	<i>Capsicum</i>
Especie:	<i>C. chinense</i>

Fuente: (12).

Elaborado por: Autor.

2.2.4. Descripción botánica del pimiento picante

Las plantas de *Capsicum* tienen un crecimiento predominantemente arbustivo y un ciclo de vida perenne, aunque también hay especies que exhiben un ciclo bienal. Son monoicas, autógamas y con cierto grado de polinización cruzada, los gametos pueden cruzarse fácilmente, ya sea por la interferencia de insectos o porque las anteras divergen al mismo tiempo que se abre la flor (14).

2.2.4.1. El sistema radicular

Es muy ramificado y profundo, con raíz principal y raíces adventicias que pueden abarcar un diámetro de 0.5 a 1.2 m y alcanzar una profundidad de 0.7 a 1.20 m, aunque la mayoría de las raíces se encuentran a una profundidad de 5 a 40 cm. dependiendo, a su vez, de la clase mecánica del suelo y de la variedad (15).

2.2.4.2. El tallo

Es erecto y ramificado, es de crecimiento limitado y erecto, de color verde oscuro, a partir de cierta altura emite dos ramas y continúa ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo (15).

2.2.4.3. Las hojas.

Son simples, lanceoladas u ovaladas, lisas y brillantes. Con un ápice muy pronunciado y un pecíolo largo y poco aparente, la nervadura parte de la base de la hoja, como una prolongación del pecíolo, del mismo modo que las nervaduras secundarias que son pronunciadas y llegan al borde de las hojas (15).

En relación con las flores y frutos se han establecido características morfológicas que permiten diferenciar cada una de las especies cultivadas. Las flores son pentámeras, aparecen solitarias en cada nudo y son de inserción aparentemente axilar, su fecundación es autógama. El fruto su color lo define por el grado de madurez que tiene comenzando en verde hasta llegar a rojo en la madurez (15).

2.2.5. Etapas fenológicas del cultivo del pimiento

Las etapas de crecimiento de los pimientos consisten en cinco períodos principales que tienen requisitos únicos de nutrientes para las plantas que requieren diferentes regímenes de fertilización. La duración de cada etapa puede variar según el método de cultivo, las características de la variedad y las condiciones climáticas (16).

Debido a que el pimiento es una planta tropical, prospera mejor en suelos cálidos. Las temperaturas de 25 a 30 °C funcionan bien, la temperatura óptima es de 30°. Las semillas deben cubrirse con aproximadamente 1/4 de pulgada de tierra húmeda. Incluso las semillas de pimiento más sanas germinan lentamente. Mientras que algunas semillas germinarán en una semana o 10 días, otras pueden tardar de cuatro a seis semanas en germinar. Cuando lleguen, tendrán dos hojas largas y puntiagudas (16).

2.2.5.1. Etapa 1 – germinación

La germinación de las semillas de pimiento se produce entre 8 y 10 días después de la siembra, dependiendo del estado de las semillas y del sustrato. Estas condiciones son (16):

- a) **De la semilla.** Debe ser cosechada cuando está madura, para que el embrión alcance su pleno desarrollo y reciba todos los aportes de la planta madre y endospermo. La falta de madurez conduce a una baja germinación y reduce el vigor de la nueva planta.
- b) **Del medio:** Esta es una condición necesaria para la germinación. Las semillas contienen sustancias de reserva de carácter orgánico, y bajo la acción del agua que penetra en la semilla, las sustancias de reserva se convierten en productos solubles y digeribles, de los que se alimenta la plántula hasta el momento de su aparición. La absorción de agua por la semilla se realiza por ósmosis a través del tegumento. La humedad del ambiente en esta etapa oscila entre el 80 y el 90%.
- c) **Aireación del suelo.** Durante la germinación, la semilla respira activamente, oxidando las sustancias de reserva, y estas pueden ser asimiladas por el embrión; el suelo debe ser suave y aireado para facilitar que la nueva planta salga a la superficie.
- d) **La temperatura del suelo y del ambiente.** Durante la germinación, la temperatura ambiente óptima debe mantenerse durante todo el día entre 25 y 30°C sin bajar de

los 14°C. No se recomienda superar la temperatura ambiente de 35-40°C, debido al proceso de germinación. Se recomienda que la temperatura del suelo en el semillero no descienda por debajo de 22°C durante el día y 16°C por la noche. En estas condiciones, las semillas germinan en 5-7 días en verano y 10-12 días en invierno.

La germinación de los pimientos es epigea, y dentro de los 7-8 días todas las plantas germinaron con hojas de cotiledón abriéndose para capturar la luz. Comienza con la absorción de gran cantidad de agua por parte de la semilla, las cubiertas se hinchan y rasgan, la raíz se alarga y se introduce verticalmente en el sustrato (16).

Por otro lado, el tallo se alarga y las hojas cotiledóneas salen a la superficie, formando un "codo" y arrastrando consigo el epispermo o testa de las semillas en sus extremos. Al cabo de unas horas, las hojas del cotiledón se abren, separándose del resto de las semillas, y 12 horas después de la emergencia, la planta ya tiene un tallo de 0.5 cm de largo y otras dos hojas de 0.5 cm de largo. Al día siguiente, totalmente desplegadas, se pintan de un color verde intenso (16).

2.2.5.2. Etapa 2; crecimiento

Medida desde la base del tallo hasta la parte superior de 10 plantas seleccionadas al azar para el tratamiento y repetición del área útil; El valor medio se expresa en centímetros. Al segundo día después de la germinación, la planta ya tiene un tallo de 1 cm de largo y 1 mm de grosor, hojas de 1 cm de largo y 0.5 cm de ancho, la planta sigue creciendo y al sexto día comienza el brote. comienza a aparecer. Luego, el meristema terminal comienza a formar un nuevo brote con hojas nuevas, y en el décimo día de la germinación, las primeras hojas verdaderas son visibles, la longitud del tallo alcanza los 2 cm (16).

En el día 15 después de la germinación, la formación de las siguientes hojas verdaderas comienza, el tamaño de la planta es de 2.8 cm de largo. En el día 18, las hojas verdaderas tienen lóbulos claramente definidos, totalmente desarrollados, de 3.5 cm de largo con pecíolo y 2 cm de ancho, altura de la planta de 5 cm. 40-45 días después de la siembra y 35-40 días después del inicio de la germinación, la planta ya tiene la 6ª y 7ª hojas verdaderas y comienza a aparecer la 8ª hoja, de 12 a 15 cm de alto, 3.5-4 mm de espesor. tallo, longitud de la hoja (16).

2.2.6. *Requerimientos edafoclimáticos*

El manejo adecuado de los factores climáticos en conjunto es fundamental para el buen funcionamiento de los cultivos, ya que todos están íntimamente relacionados, y la incidencia de uno de ellos afecta al resto. Las condiciones climáticas favorables son necesarias para un buen crecimiento y desarrollo de la cultura (17).

La temperatura óptima para la floración es de 25°C, la máxima es de 30°C y la mínima alcanza los 18°C, lo que indica que sobrepasar estos límites afecta negativamente el rendimiento. Los saltos térmicos (diferencia de temperatura entre la máxima diurna y la mínima nocturna) provocan un desequilibrio vegetativo.

La coincidencia de bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral (entre 15 y 10°C) provoca la formación de flores con alguna de las siguientes anomalías: pétalos curvos y poco desarrollados, formación de múltiples ovarios de los que pueden desarrollarse frutos, con acortamiento de estambres y pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo, fusión de anteras, etc. Las bajas temperaturas también provocan la formación de frutos más pequeños, que pueden deformarse, reducen la viabilidad del polen y la formación de frutos (18).

La humedad relativa óptima oscila entre el 50 % y el 70 %. La humedad relativa muy alta favorece el desarrollo de enfermedades aerotransportadas e inhibe la fertilización. La combinación de altas temperaturas y baja humedad relativa puede provocar la abscisión de flores y frutos recién cuajados (18).

El Pimiento picante es una planta muy demandante de luz, especialmente en las primeras etapas de desarrollo y durante la floración, ya que la luz insuficiente aumenta la abscisión de flores y afecta la tasa de fotosíntesis, la liberación de asimilados y el metabolismo de azúcares en los tejidos de origen. plantas (18).

Los suelos más adecuados para el cultivo de Pimiento picante son el arenoso, rico y potente con un contenido orgánico del 3-4 % y en su mayoría bien drenado. Los valores óptimos de pH están en el rango de 6.5 a 7, aunque puede soportar ciertas condiciones ácidas (hasta pH 5.5) en suelos arenosos, se puede cultivar a valores de pH cercanos a 8 (18).

2.2.7. Plagas y enfermedades

2.2.7.1. Pulgón (*Myzus persicae*; *Aphis gossypii*)

Estos son insectos de cuerpo blando y forma globular que chupan la savia de las plantas, provocando el enrollamiento de las hojas, el amarillamiento y la muerte de las plantas. También prefieren la presencia de la fumagina *Capnodium sp.*, a las secreciones azucaradas que producen y son portadoras de virus (19).

2.2.7.2. Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

Tanto las ninfas como los adultos causan daño a este insecto, ya que succionan el jugo de la planta cuando se alimentan de las hojas. Cuando la población es baja, el daño puede ser menor, sin embargo, cuando el nivel de infestación es alto, pueden causar un alto nivel de disminución del vigor del cultivo, causando daños indirectos a través de la secreción de melaza obtenida de su alimentación, especialmente aquellas en las que pueden crecer hongos no parásitos de los géneros *Capnodium sp.* y *Meliola sp.*, que causan una enfermedad conocida como fumagina. Además, este insecto es portador de una gran variedad de virus que suponen una gran amenaza para la sanidad vegetal (19).

2.2.7.3. Marchitez o marchitez del pimiento (*Phytophthora capsici*)

Afecta a los pimientos en cualquier etapa de su desarrollo. Los síntomas se caracterizan por una rápida marchitez de las plantas, provocada por manchas acuosas y de color verde oscuro que pueden incluso rodear el cuello del tallo a nivel del suelo. También puede atacar frutas. Los cultivos regados con pies tienden a ser más susceptibles al ataque que los regados con aspersores porque las esporas pueden ser transportadas de un lugar a otro por el agua en las acequias (19).

2.2.7.4. Cercosporiosis de pimiento u ojo de pollo (*Cercospora capsici*)

Lesiones pequeñas, redondas u ovaladas en las hojas, delimitadas del tejido sano por un halo amarillento, en infecciones severas pueden causar la perforación del tejido infectado. Esta enfermedad se presenta en ambientes de alta humedad (19).

El Damping-off. Afecta a las especies con presencia de uno o más de los hongos nombrados, principalmente en plántulas y plantones. Hay una fuerte destrucción de tejidos, provocando

amarillamiento de las hojas, curvatura del tallo y, finalmente, la muerte de la planta. Las plantas afectadas se marchitan y mueren en muy poco tiempo (19).

2.2.8. *Labores culturales*

2.2.8.1. *Trasplante*

El trasplante debe llevarse a cabo 30-45 días después de la siembra en la cama de semillas. Comenzamos a arrancar las plántulas cuando alcanzan una altura de unos 15 cm, las plantas se colocan en hileras separadas a una distancia de 60 a 80 cm ya razón de 45 cm entre plantas (20).

2.2.8.2. *Poda*

El trabajo consiste en eliminar los brotes secundarios correspondientes a las hojas más bajas, y luego eliminar las hojas ubicadas debajo de la primera bifurcación del tallo (primera intersección). La gestión puede ser de dos, tres o cuatro barriles. Además de los beneficios que la poda puede tener sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, puede ser una práctica útil para mejorar la eficiencia de la ventilación y el saneamiento (20).

2.2.8.3. *Riego*

Proporcionar agua para el cultivo de pimientos es muy exigente. Los turnos de riego en pimiento son más cortos que en tomate, se aconseja dar riegos frecuentes y en riegos pequeños, dosis de 30 a 60 mm. En suelos arenosos, los turnos de riego suelen ser de siete a diez días, y en suelos arcillosos puede ser un poco más lento (20).

2.2.8.4. *Fertilización*

Las necesidades del pimiento son ligeramente superiores a las del tomate. Para obtener la fertilización adecuada se debe tener en cuenta la naturaleza química y física del suelo, la densidad de siembra, el tipo de riego y las variedades de plantas (20).

La fertilidad del suelo es un factor clave en el crecimiento de las plantas y tiene un gran impacto en la productividad y la calidad del forraje. También es un componente importante porque aporta los aminoácidos que forman las proteínas; por lo tanto, es directamente

responsable de incrementar el contenido proteico de las plantas y está directamente relacionado con el número de hojas, tallos, etc (20).

En la actualidad, los factores biológicos se han convertido en criterios importantes para evaluar el manejo del suelo, de tal forma que se hace necesario orientar la producción agrícola hacia nuevas tecnologías basadas en la restauración de suelos (20).

Los componentes biológicos son los últimos a tener en cuenta en la investigación y producción de cultivos, y hoy en día se acepta generalmente que la actividad de los microorganismos es un factor clave no solo en la fertilidad del suelo, sino también en la estabilidad de los suelos y el funcionamiento de los ecosistemas naturales, como los agroecosistemas (20).

2.2.9. *Importancia del uso de biofertilizantes en la agricultura*

En la actualidad, el uso de biofertilizantes se ha convertido en uno de los recursos con gran demanda por sus diversas propiedades y los nutrientes que posee. Cabe señalar que los biofertilizantes son productos a base de microorganismos benéficos del suelo, especialmente bacterias y/u hongos, que viven en asociación o simbiosis con las plantas, contribuyendo de forma natural a su nutrición y crecimiento, además de mejorar el suelo (21).

Así, el término “biofertilizante” o más precisamente “inoculante microbiano” puede definirse como: preparaciones sólidas o líquidas que contienen cepas de células vivas o latentes que sean eficaces para la fijación de nitrógeno, solubilizantes de fosfato o microorganismos celulíticos, para su aplicación a semillas o rizosfera vegetal, con el fin de aumentar el número de estos microorganismos y acelerar los procesos microbianos que favorecen el crecimiento de las raíces, así como la disponibilidad de nutrientes que son fácilmente absorbidos por las plantas cultivadas .(22)

El biofertilizante son sustancias que contienen microorganismos vivos que cuando se aplican a semillas, superficies de plantas o suelo, colonizan la rizosfera o el interior de la planta (endófitos) y promueven el crecimiento al aumentar la ingesta o disponibilidad de nutrientes a través de la producción de hormonas. o suprimiendo patógenos (23).

Los biofertilizantes son materiales bioactivos naturales solubles en agua que promueven la germinación de semillas, el desarrollo y el rendimiento de los cultivos, reducción de los

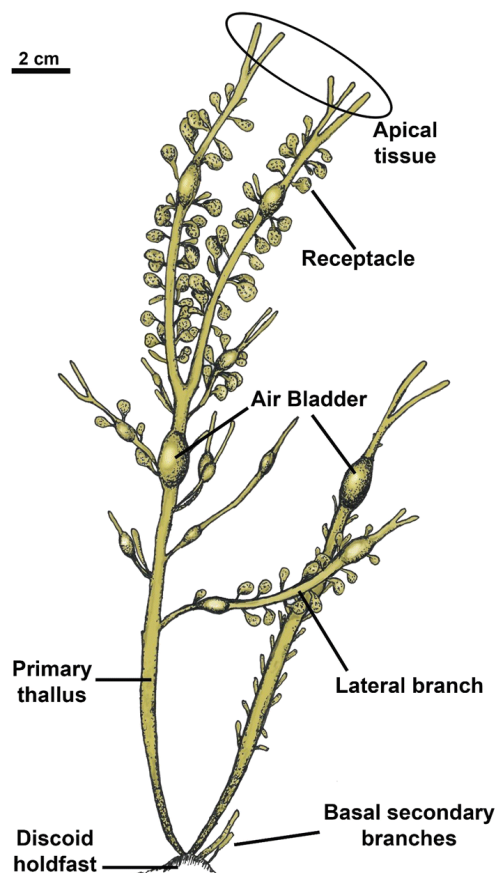
costes de producción, es importante por su efecto en los cultivos por el aporte de macro y microelementos (23).

2.2.10. *Ascophyllum nodosum*

Es un alga grande y común. El color de las hojas es marrón oliva, pero en caso de estrés se vuelve amarillo. Es una especie intermareal común en el Océano Atlántico exterior. Es especialmente común a lo largo de la costa noroeste de Europa (desde Svalbard hasta Portugal), incluido el este de Groenlandia, Islandia y la costa noreste de América del Norte (desde Nueva York hasta Terranova). Estas algas de roca intermareales tienen hojas largas con grandes sacos de aire en forma de huevo. Las hojas miden hasta 2 m de largo (5-7 m al final). Las hojas son amarillas, dependiendo de la disponibilidad de nutrientes, y durante la marea baja pueden formar grandes lechos que parecen sólidos para el observador casual (24).

Figura 2

Alga marina Ascophyllum nodosum.



Fuente: (24).

Esta alga es longeva y puede ser la especie comunitaria dominante en la costa central. *Ascophyllum nodosum* acumula de manera muy eficiente nutrientes y minerales del agua de mar circundante. La biomasa cosechada es un recurso valioso para las empresas humanas debido a la presencia de muchos componentes bioactivos. Esta especie ha sido desarrollada para su uso en productos como alimentos, fertilizantes, acondicionadores de suelos, bioestimulantes (para algas patógenas), piensos, productos para el cuidado de la piel y el cabello, productos de limpieza, desengrasantes, productos ecuestres y suplementos nutricionales. También es un ingrediente popular en tratamientos de belleza y talasoterapia (24).

2.2.10.1. *Taxonomía*

A continuación, en la tabla 2 se describe la clasificación taxonómica del alga parda *Ascophyllum nodosum*.

Tabla 2

Clasificación taxonómica del alga parda.

Rango taxonómico	Descripción
Reino:	Protista
División:	Ochrophyta
Clase:	Phaeophyceae
Orden:	Fucales
Familia:	Fucaceae
Genero:	<i>Ascophyllum</i>
Especie:	<i>Ascophyllum nodosum</i>

Fuente: (25).

Elaborado por: Autor.

2.2.11. *Algas marinas en la industria*

Las algas son una parte integral de la ecología y el contorno costero. Durante siglos, las tierras agrícolas cercanas a estas zonas costeras se han fertilizado con algas marinas, ya que son una fuente valiosa de materia orgánica para diversos tipos de suelo y diversos cultivos hortícolas (26).

Son muy útiles para aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo (en condiciones favorables), se ha demostrado que las algas verdeazuladas microscópicas de origen marino se multiplican a gran velocidad, convirtiendo la materia orgánica de pequeños charcos y gotas en el suelo. y un aumento de materia orgánica digestible (26).

2.2.11.1. Extractos de algas marinas.

Las algas marinas consisten principalmente en oligoelementos, elementos mayores y menores. También se pueden encontrar otras sustancias naturales que actúan de manera similar a algunos reguladores del crecimiento vegetal como vitaminas, carbohidratos, proteínas, biocidas contra ciertas plagas y enfermedades y agentes quelantes como ácidos orgánicos y manitol. Los beneficios del uso de algas en la agricultura -mayor eficiencia y buena calidad del fruto- se pueden confirmar mediante la aplicación directa o derivados de las mismas (26).

Figura 3

Extractos de algas marinas.



Fuente: (27).

Especies como *Ascophyllum nodosum* contienen macronutrientes y micronutrientes necesarios para nutrir las células. De igual manera, contribuyen a la disponibilidad de

azúcares, aumento del tamaño de los frutos, minimización del tiempo de crecimiento, mejor forma y tonalidad de los productos agrícolas (26).

El número de especies de algas actualmente en el mercado es significativo y pertenecen a los géneros *Macrocystis*, *Eklonia*, *Sargassum*, *Durvillia*, *Porphyra*, *Fucus* y *Ascophyllum*. La mayoría de las algas marinas utilizadas como fertilizantes y acondicionadores del suelo son especies de algas marinas. Entre todas las algas y extractos actualmente en el mercado, *Ascophyllum nodosum* es la especie más estudiada con fines agrícolas, ya que sus extractos han demostrado ser los más beneficiosos. El bioactivo de todos los productos algicos comerciales, también es el más utilizado en Europa y América del Norte (26).

2.2.11.2. Componentes de los extractos de algas

Las algas marinas son ricas en nutrientes y sustancias naturales (carbohidratos, vitaminas, proteínas, biocidas y agentes quelantes como ácidos orgánicos y manitol) que actúan de manera similar a los reguladores del crecimiento de las plantas. Además, tienen un efecto enzimático, y cuando el proceso de obtención de las algas se lleva a cabo adecuadamente, los microorganismos que viven en asociación con ellas continúan siendo viables, extendiéndose a los lugares de su aplicación y potenciando su efecto que es aumentar el crecimiento de las plantas (26).

Las microalgas contienen varias sustancias promotoras del crecimiento vegetal como auxinas, citoquininas, betaínas, aminoácidos, vitaminas y poliaminas. Proporcionan recursos prometedores como ácidos grasos, esteroides, carotenoides, polisacáridos, lectinas, aminoácidos de tipo micosporina, compuestos halogenados, policétidos, toxinas, agar - agar, ácido algínico y carragenina (26).

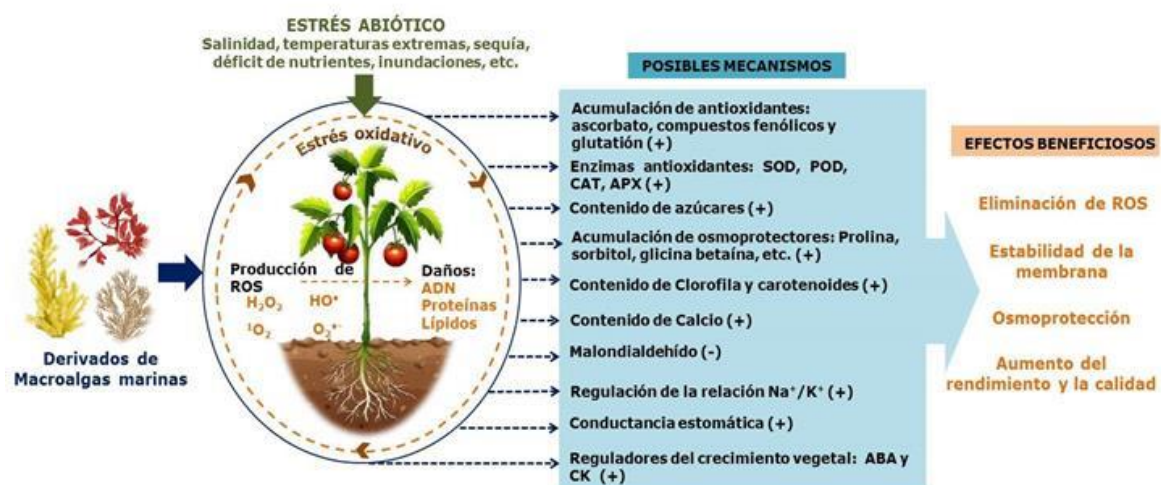
Además, pueden contener cantidades significativas de giberelinas. y brasinoesteroides, los aminoácidos contenidos en las microalgas son bioestimulantes que tienen un efecto positivo en el crecimiento y rendimiento de las plantas, estos aminoácidos pueden ayudar a mitigar el daño causado por el estrés abiótico (28).

Las microalgas también pueden estar compuestas por micro y macronutrientes, especialmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), por lo que pueden considerarse fertilizantes orgánicos de liberación lenta. Algunas especies de cianobacterias pueden fijar

nitrógeno atmosférico en sus células. La mayoría se han centrado en cuándo utilizadas en los campos de arroz, estas cianobacterias ponen a disposición de las plantas el nitrógeno atmosférico (28).

Figura 4

Extracto bioactivo de algas marinas.



Fuente: (28).

2.2.11.3. Efecto de las algas marinas como fertilizante

Cuando las algas se utilizan como fertilizante, el sector de crecimiento son los extractos líquidos de algas, que se pueden obtener en forma concentrada para que el usuario los diluya. Algunos de estos productos pueden aplicarse directamente sobre las plantas, así como sobre o cerca de su sistema radicular, además, numerosos estudios han demostrado su eficacia cuando se aplican en cultivos de frutas, hortícolas y flores, de los que se han hecho acreedores. aceptación, mejor absorción de nutrientes del suelo, resistencia a las condiciones ambientales, así como al ataque de plagas y enfermedades, aumento de los rendimientos e incluso la germinación de las semillas cuando se aplicaron sobre ellas (28).

El uso de productos derivados de algas marinas en la agricultura se ha convertido en una práctica habitual debido a los beneficios que aportan tanto al suelo como a los cultivos, por lo que su uso seguirá extendiéndose en los sistemas productivos tradicionales e incluso podrá sustituir a los recursos derivados de productos químicos. fomentando así una agricultura con

menor impacto ambiental negativo y a su vez protectora de los microorganismos del suelo, es decir, una agricultura sostenible (28).

Los principales desencadenantes (elicitores) de las reacciones metabólicas que provocan la bioestimulación de las plantas consisten en tipos específicos de azúcares (oligosacáridos: moléculas formadas por 7-25 monómeros de azúcar) que se encuentran en las paredes celulares de las algas (28).

2.2.11.4. Aplicación de extractos de algas marinas en el cultivo

Para lograr un cultivo saludable, se debe realizar un trabajo cuidadoso durante la etapa de germinación para asegurar el crecimiento y rendimiento esperado de los cultivos. Se ha demostrado que los extractos de microalgas aumentan la germinación de semillas, el desarrollo de raíces y los brotes (29)

Los extractos de biomasa de espirulina tuvieron un efecto benéfico en la germinación de semillas de berro y trigo de invierno. Las semillas tratadas con *A. dimorphus* tenían raíces laterales más grandes, lo que podría mejorar la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas y aumentar el crecimiento de las plantas.

Los hidrolizados estimulan la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas en solución salina, los polisacáridos intracelulares de dos microalgas (*Dunaliella salina* y *Phaeodactylum tricornutum bohlin*) aumentan la tasa de germinación de las semillas de pimienta en condiciones salinas (30).

2.2.11.5. Efecto de las algas marinas en el suelo

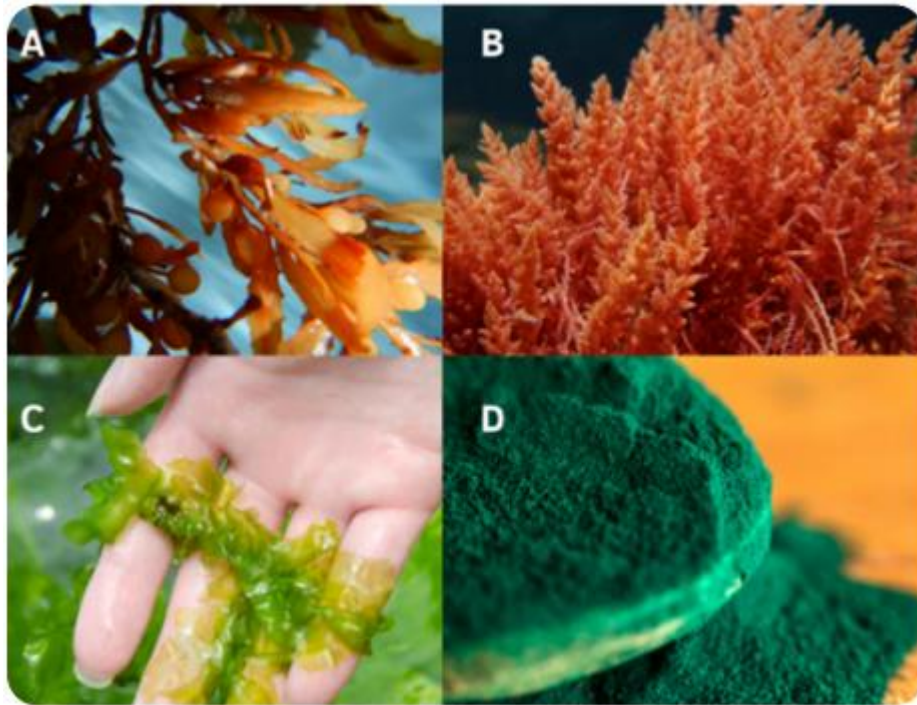
Las microalgas se pueden inocular en el suelo, lo que puede ser una fuente importante de carbono orgánico y mejorar la calidad del suelo, bajo ciertas condiciones de crecimiento, algunas microalgas y cianobacterias producen y secretan sustancias poliméricas extracelulares (EPS) (30).

Cuando las condiciones de crecimiento son desfavorables, las algas producen estos compuestos para proteger sus células de condiciones estresantes. La deposición de EPS en el suelo es uno de los mecanismos para aumentar el contenido de materia orgánica del suelo y se ha identificado como un componente principal de la estabilización del suelo (30).

Además, se ha demostrado que sustancias poliméricas extracelulares puede aumentar la porosidad del suelo y aumentar la resistencia a la infiltración al reducir los efectos dañinos de la adición de agua. Se ha observado en el campo que cuando se inoculan microalgas verdes (*Botryococcus*, *Chlamydomonas*, *Chlorella*, etc.), la resistencia del suelo mejoró al aumentar el contenido de espuma de poliestireno en las capas superiores (30).

Figura 5

Distintos pigmentos de algas marinas.



Fuente: (31).

El efecto de los extractos líquidos de algas es principalmente el de estimular el sistema radicular y en general estimular la vitalidad de la planta, los extractos líquidos de algas son bioestimulantes (estimuladores del desarrollo y del sistema inmunológico y de defensa de la planta) (30).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

Este estudio se realizó en la finca experimental “La Maria”, perteneciente a la Universidad Técnica del Estado de Quevedo (UTEQ), ubicada en el km 7.5 de la vía Quevedo-El Empalme, Cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos, Ecuador. La finca experimental “La María” Se ubica a los 1.08207° de latitud sur y 79. 50181° de longitud oeste, a una altitud de 72 metros sobre el nivel del mar.

Figura 6

Mapa satelital del asentamiento de la investigación.



Fuente: Google Maps (32).

3.1.1. Condiciones agroclimáticas de la zona de realización del ensayo.

Tabla 3

Condiciones del Campus Universitario "La Maria".

Parámetros	Promedio
Temperatura °C	24.80
Humedad relativa %	84.00
Heliofanía horas/luz/año	894.00
Precipitación mm/año	2400
Topografía	Plana

Fuente: (33).

Elaborado por: autor.

3.2. Tipos de investigación

Se realizó un estudio de campo con una prueba para determinar el efecto de los tratamientos en el comportamiento agronómico del cultivo de Pimiento picante Carolina Reaper (*Capsicum chinense*) con la biofertilización del alga marina (*Ascophyllum nodosum*) mediante la evaluación de diversas variables.

El estudio se ejecutó en la finca experimental “La María” utilizando un DCA Diseño de Completamente al Azar, lo que permitió el análisis de las variables de estudio, además de recolectar toda la información posible para poder determinar el tratamiento que dio mejor respuesta con algas marinas *Ascophyllum nodosum* en cultivo de Carolina Reaper (*Capsicum chinense*).

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Inductivo

Se utilizó el método inductivo partiendo de casos particulares para llegar a premisas generales acerca de las variables de investigación y obtener conclusiones de los tratamientos estudiados en la germinación, crecimiento y producción del Pimiento picante Carolina Reaper (*Capsicum chinense*) con la biofertilización del alga marina (*Ascophyllum nodosum*).

3.3.2. Deductivo

Se utilizó el método deductivo partiendo de generalizaciones para llegar a premisas particulares para determinar los efectos específicos de los tratamientos estudiados de la respuesta agronómica realizada en el cultivo de Carolina Reaper (*Capsicum chinense*) y la biofertilización del alga marina.

3.3.3. Analítico

Se utilizó el método analítico para analizar e interpretar los datos obtenidos de la evaluación de las variables de respuesta al tratamiento del cultivo del Pimiento picante Carolina Reaper con la biofertilización del alga marina (*Ascophyllum nodosum*).

3.4. Fuentes de recopilación de la información

Esta investigación requirió el uso de las siguientes fuentes para obtener la información: La principal fuente es la observación directa que sirvió para identificar y obtener la información necesaria para la implementación del proyecto, en especial en el análisis de las variables aportando importantes datos para el desarrollo de este estudio. La información de fuentes secundarias aplicada en esta investigación se la obtuvo de fuentes estadísticas del área, folletos, internet y revistas, las cuales fueron necesarias para tener una base teórica para iniciar la investigación.

3.5. Diseño experimental

El diseño ha aplicado en la investigación será un DCA – Diseño completamente al azar con 4 tratamientos, 1 testigo y 4 repeticiones por tratamiento, donde se evaluó los distintos niveles 0%, 100%, 75%, 50% y 25% de alga marina *Ascophyllum nodosum*.

3.5.1. Análisis de varianza

Tabla 4

Esquema del análisis de la varianza.

Fuente de variación	Fórmula	Grado de libertad
Tratamiento	$t-1$	4
Error	$t(r-1)$	15
Total	$t.r-1$	19

Elaborado por: Autor.

3.5.2. Delineamiento del experimento

Tabla 5

Descripción de los tratamientos a estudio.

Tratamientos	%	Descripción	Repeticiones	Unidades experimentales/ Plantas	Total, plantas
T0. Testigo	0%	0g/planta	4	10	40
T1	100%	0.06g/planta	4	10	40
T2	75%	0.045g/planta	4	10	40
T3	50%	0.03g/planta	4	10	40
T4	25%	0.015g/planta	4	10	40
Total, plantas					200

Elaborado por: Autor.

3.6. Manejo del experimento

3.6.1. Establecimiento de semilleros

Es el proceso de preparar un lugar adecuado para germinar y desarrollar las plántulas. Se usarán bandejas de germinación y turba con el fin de proporcionar las mejores condiciones a las semillas, se colocará una semilla por alveolo.

3.6.2. Inoculación de las semillas

Para poder inocular 200 semilla se procedió a tomar las semillas de Pimiento picante de la variedad Carolina Reaper, de los cuatro tratamientos empleando varias concentraciones del alga *A. nodosum* y un testigo el cual solo se rego con agua destilada, las cuales fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 0.5%, esta desinfección duro 1 min para, luego se lavó con agua destilada por 5 min y después se secaron, luego del secado las semillas fueron embebidas con las distintas concentraciones del alga marina *A. nodosum* y agua destilada remojándolas por dos horas.

A continuación, en la (Tabla 6) se describen las concentraciones del biofertilizante a base del alga marina *A. nodosum*.

Tabla 6

Dosis de extracto de alga marina por tratamiento.

Tratamiento	Semillas del Pimiento picante	Concentración de algas %	Concentración de algas en g
T0 Testigo	40	0	Agua destilada
T1	40	1	2.4 g
T2	40	0,75	1.8 g
T3	40	0,5	1.2 g
T4	40	0,25	0.6 g

Elaborado por: Autor.

3.6.3. Preparación del suelo

La preparación del suelo consistió en limpiar todo el suelo de malezas, rastrojos de plantas no deseadas presentes en el sitio, se empleó el azadón con mano de obra humana con la idea de tener tierra suelta y apta para trasplantar plántulas de pimiento.

3.6.4. Delineación del suelo

La delimitación de la parcela experimental se realizó con el fin de determinar la ubicación de las parcelas de acuerdo con el croquis de campo, para ello se utilizó carrizo de 1 m de largo, para determinar los surcos y resaltar las parcelas estudiadas, los puntos donde se encuentran las plantas. se suponía que debían colocarse estaban marcados.

3.6.5. Trasplante

Se realizó a los 20 días después de la siembra en el semillero cuando las plantas alcanzaron una altura de 15 cm, se realizaron hoyos de 10 cm de profundidad, con una distancia entre plantas de 0,50 m y entre hileras de 1 m, introduciendo desinfectantes en cada hoyo para un óptimo desarrollo de plantas y prevención de ataques de patógenos.

3.6.6. Control de malezas

El control de malezas se hizo manualmente con el fin de evitar la competencia por luz y nutrientes con las plantas no deseadas

3.6.7. Fertilización, aplicación del alga (*Ascophyllum nodosum*)

El alga será aplicada cada 15 días para observar el efecto que esta tiene en las plantas de ají Carolina Reaper, en las diferentes dosis de los tratamientos ya establecido ya establecidas, por cada tratamiento se utilizarán 2,4 litros de agua en el cual se disolverán las distintas dosis de algas (*Tabla 6*).

3.7. Variables evaluadas

Para la toma de las variables agronómicas se realizaron las medidas de cada una de las variables a 15 plantas tomadas de manera al azar de cada uno de los tratamientos estudiados.

3.7.1. Porcentaje de emergencia

En esta variable se utilizó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de las plantas que emergen.

Ecuación 1 *Porcentaje de emergencia.*

$$\% \text{ de emergencia} = \frac{N^{\circ} \text{ de plantas emergidas}}{N^{\circ} \text{ de semillas sembradas}} * 100$$

3.7.2. Altura de las plantas (cm)

Esta variable se midió desde la base del tallo hasta la parte superior de 15 plantas seleccionadas al azar para el tratamiento y repetición del área útil; El valor medido se expresó en cm. Dichas medidas se tomaron pasado 30 días de la aplicación de los tratamientos.

3.7.3. Longitud de la raíz (cm)

Se utilizó una regla o una cinta métrica para medir la longitud de la raíz. La planta se extrajo cuidadosamente del suelo, se limpiaron las raíces y luego se midió la longitud desde la base hasta el extremo de la raíz.

3.7.4. Ancho y largo de las primeras hojas verdaderas (cm)

Para medir el largo de hoja se midieron las hojas de 15 plantas seleccionadas al azar y se midió con una regla desde la parte puntiaguda de la hoja hasta donde se encuentra unida con

el tallo. Para medir el ancho de la hoja se empleó un calibrador el cual se tomó como punto principal la parte más ancha de la hoja.

3.7.5. *Cálculo de biomasa fresca (g)*

El rendimiento de biomasa fresca se determinó del número de plantas emergidas de cada uno de tratamiento del ensayo 1, las cuales fueron pesadas en una balanza digital facilitada por el laboratorio de la UTEQ, y se expresó en gramos (g).

3.7.6. *Cálculo de biomasa seca (g)*

Ya determinado el rendimiento de biomasa fresca se procedió a colocar las muestras en la estufa por 48 horas a 70 °C, transcurrido ese tiempo se deben pesar cada una de las muestras habiendo obtenido la cantidad de peso seco, esta variable se expresa en gramos (g).

3.8. Tratamientos de los datos

Todas las variables estudiadas se sometieron a análisis de varianza y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con una probabilidad del 95% para el análisis estadístico.

3.9. Recursos Humanos y Materiales

En este proyecto de investigación se utilizaron para su desarrollo los siguientes materiales y equipos:

3.9.1. *Recursos humanos*

La elaboración y establecimiento de la presente investigación estuvo a cargo de Jair Elian Gonzalez Romero, y quien impartió la función de tutor será la Blga, Ana Ruth Álvarez Sánchez, docente de la Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

3.9.2. *Recursos materiales*

Para el establecimiento del cultivo se empleó los materiales descritos con sus respectivas cantidades en la (Tabla 7).

Tabla 7*Materiales y equipos empleados en la investigación.*

Materiales y equipos	Cantidad
Alga 600 (sobres de 500 g)	2
Bandeja de germinación	2
Aspersor de mochila	1
Aspersor de mano	1
Azadón	2
Balanza digital	1
Calibrador digital	1
Cinta métrica	1
Flexómetro	1
Machetes	3
Tijera de pelar o navaja	1
Turba	3 lb
Piola	1
Semillas de Pimiento picante 2 sobres (20g/sobre)	40g
Un ordenador	1
Libros y revistas	3
Internet	1
Cuaderno de campo	1

Elaborado por: Autor.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.10. Porcentaje de la emergencia

Los promedios de la variable porcentaje de germinación, con cuatro tratamientos empleando concentraciones del 25, 50, 75 y 100% del biofertilizante a base del alga *A. nodosum* y un testigo solo con agua.

Según el análisis de varianza no hay una diferencia significativa ($p > 0.05$), con un coeficiente de variación de 12.78%, sin embargo, se pudo observar que el tratamiento 0 (testigo) presento el mayor número de semillas germinadas con un 70%, seguido de los tratamientos 4, 2, 3 y 1 los cuales a diferencia del testigo presentaron una menor tasa de germinación con el 67.5%, 62.5%, 65% y 60%, siendo las aplicaciones de biofertilizante menos eficiente que usar agua destilada.

Tabla 8

Porcentaje de germinación.

Tratamiento	Numero de semillas sembradas	Numero de plantas emergida	Porcentaje de emergencia
Testigo	40	28	70 a
Tratamiento 1	40	24	60 a
Tratamiento 2	40	26	65 a
Tratamiento 3	40	25	62.5 a
Tratamiento 4	40	27	67.5 a
C.V. %			12.78
D.E.			1.42

**Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).*

Estos valores inferiores con los reportados por Simbaña & Valdano (34), los cuales reportan que el cultivo de tomate tuvo una respuesta positiva ante las fertilizaciones con las microalgas, pero demora cerca de 20 a 25 días para que germinen las plantas de tomate dando un porcentaje mayor al 72% con la microalga *Chlorella sp*, siendo más efectiva este tipo de algas, pero el tiempo que germinan las plantas es mayor que al usar *Ascophyllum nodosum*. Pérez et al. (35), reafirma que el empleo de algas marinas como *Dunaliella salina* y *Phaeodactylum tricornutum bohlin* produce que la tasa de germinación sea mayor al 50% pero el tiempo de espera es mayor a 20 días. Di Filippo et al. (36), explica que los estudios

demuestran que las algas marinas influyen en la germinación siendo las algas pardas la que proporcionan mayor resultado.

3.11. Parámetros agronómicos.

En la (Tabla 9) se encuentran registrados los promedios y el respectivo análisis de varianza del cultivo de pimiento picante *Carolina Reaper* durante la fase inicial a los 30 días empleando concentraciones de 0%, 100%, 75%, 50% y 25% del alga marina *Ascophyllum nodosum*.

Tabla 9

Parámetros agronómicos evaluados durante la fase inicial del cultivo de pimiento picante Carolina Reaper.

Tratamientos	T0	T1	T2	T3	T4	C.V. (%)	D.E.
Altura de planta 30 días (cm).	9.49 a	8.68 a	7.53 b	7.53 b	8.48 ab	12.22	1.24
Altura de planta 60 días (cm)	21.27 a	25.66 a	22.59 a	24.53 a	23.35 a	19.87	4.79
Largo de hoja 30 días (cm)	6.13 a	5.48 a	5.48 a	5.04 a	5.5 a	21.83	1.23
Ancho de hoja 30 días (cm)	4.88 a	4.00 ab	3.84 b	3.56 b	4.25 ab	22.86	1.02
Longitud de raíz 30 días (cm)	12.91 ab	12.57 ab	12.63 ab	10.73 b	13.8 a	22.86	4.79
Biomasa fresca 30 días (g)	7.79 a	6.48 a	7.00 a	6.53 a	6.84 a	12.81	1.43
Biomasa seca 30 días (g)	2.25 a	2.06 a	2.06 a	2.16 a	2.13 a	12.75	0.22

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

3.11.1. Altura de las plantas a los 30 y 60 días (cm)

Los promedios y coeficiente de variación de la variable altura de planta del cultivo de pimiento picante *Carolina Reaper* a los 30 y 60 días después de la germinación de la semilla se describen en la siguiente (Tabla 9).

En (Figura 7), se muestran los resultados registrados de la variable altura de planta a los 30 días, durante ese periodo de tiempo según el análisis de varianza, existe una diferencia estadística significativa, ($p \leq 0.05$). en la variable de la altitud de la planta. Entre los

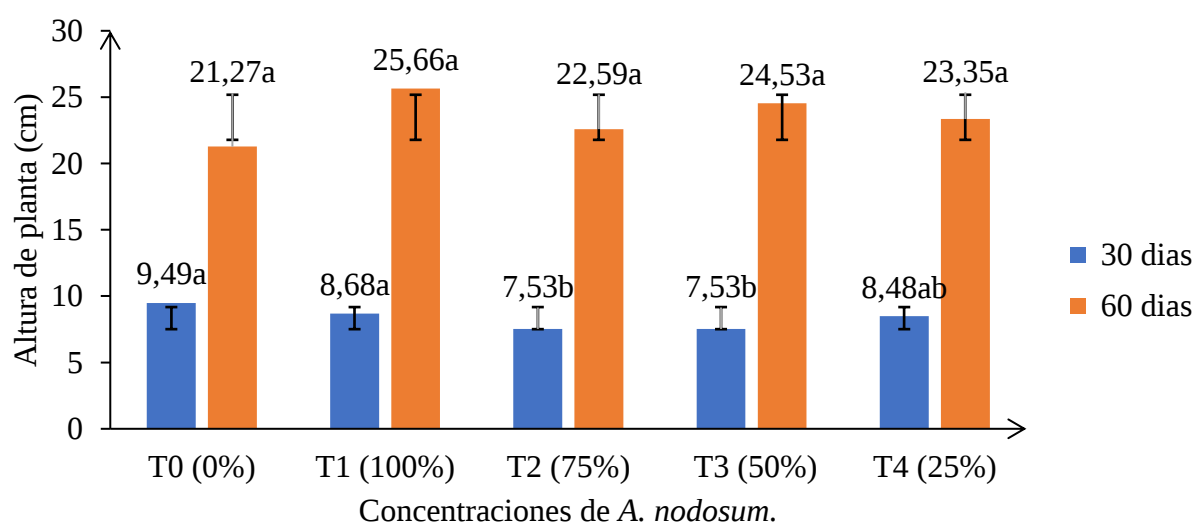
tratamientos el T1 registro valores altos con 8.68 cm, sin embargo, es crucial destacar que, a pesar de este rendimiento elevado en el tratamiento T1, el mismo no logró superar al testigo experimental registrando una altura de 9.49 cm, siendo los tratamientos T4, T2 y T3 los que registraron valores inferiores en la altura de planta de 8.48 cm y 7.53 cm. Este hallazgo podría tener implicaciones importantes para el entendimiento de la eficacia relativa de los biofertilizantes marinos en la optimización del desarrollo vegetal.

A los 60 días, según el análisis de varianza, no se encontraron diferencias estadísticamente significativa entre los tratamiento, ($P>0.05$), mostrando una similitud en las medias registradas, aunque a nivel de campo el tratamiento que presento mayor respuesta en función a las aplicaciones con el biofertilizante a base del alga *Ascophyllum nodosum* fue el Tratamiento T1 registrando una altura de planta de 25.66, seguido de cerca por el tratamiento T3, T4 y T2 con promedios de 24.53 cm, 23.35 cm y 22.59 cm, siendo el tratamiento control T0 el que presento menor respuesta registrando una altura de planta de 21.27 cm.

Adicionalmente, se reportaron un coeficiente de variación del 12.22% a los 30 días y 19.87% a los 60 días, siendo estos porcentajes un indicador que mide la dispersión relativa de los datos alrededor de la media.

Figura 7

Altura de planta a los 30 y 60 días



Estos resultados fueron inferiores a los postulados por Quiancho & Espinoza (37), quienes emplearon dos biofertilizantes en distintas concentraciones tomando como punto referencia

para la toma de la altura a los 30 días después de aplicación dando como resultado un promedio de 10 a 12 cm entre la altura promedio de sus plantas, estando a la par la competencia del biofertilizante a base de alga *Ascophyllum nodosum* con dos presentaciones.

Cano & Menace (38), afirman que a mayor altitud el efecto del alga marina es mayor dando como resultado plantas que miden cerca de 30 cm en un periodo de 30 a 60 días. *Ashour et al.* (39), recalcaron que al usar mínimas cantidades como 0.25, 0.5 y 1% ayuda a mejorar la altura llegando a aumentar en la etapa de crecimiento un 17.76%.

Vega & Rivero (40), evaluaron extractos de algas *A. nodosum* en el cultivo de pimiento a los 40 y 60 días después del trasplante aplicando diferentes dosis de algas marinas obteniendo así plantas con alturas mínimas a los 40 días de 37.73 cm y máximas de 50 cm, y a los 60 días llegando a mediar alturas de hasta 70 cm, lo mismo se refleja en la investigación de

Cano & Menace (38), quienes evaluaron tres extractos a base de algas marinas a los 60 y 75 días obteniendo plantas con alturas superiores a los 80 cm, *Laverde et al.* (41), tomo datos a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de las algas marinas en huertos urbanos de pimiento obtenido a los 15 días plantas con alturas mínimas de 12.44 cm, a las 30 plantas con alturas de 40 cm y a los 45 días plantas con alturas de hasta 50 cm.

3.11.2. Largo de hoja (cm)

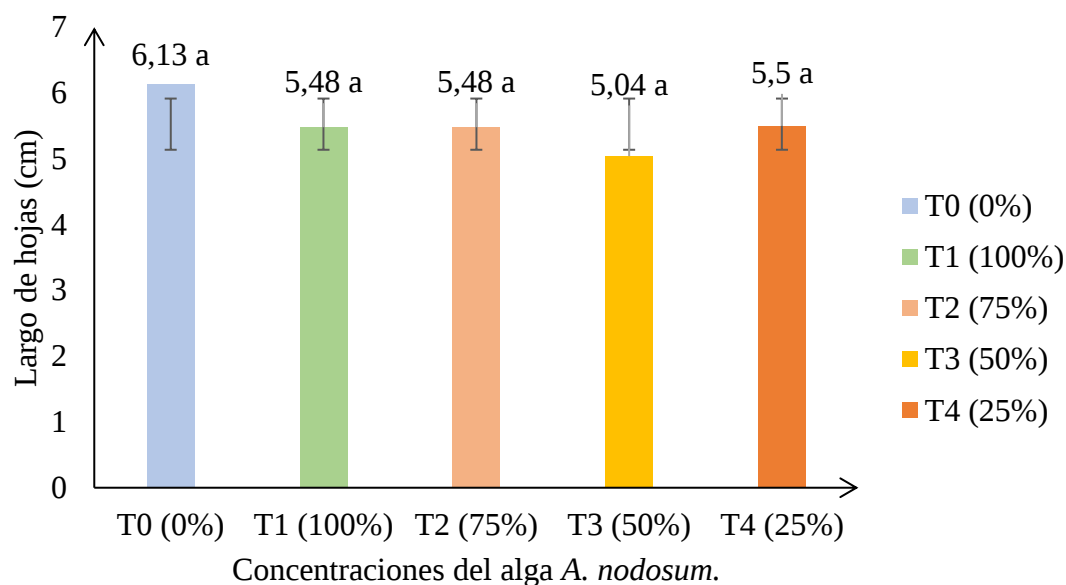
Los promedios y coeficiente de variación obtenidos de la variable longitud de hoja a los 30 días se describen en la siguiente (Tabla 9).

Según el análisis de varianza (ANOVA), no se detectó una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, ($P > 0.05$). Mostrando una similitud en las medias registradas, aunque a nivel de campo el tratamiento que presento mayor respuesta en función a las aplicaciones con el biofertilizante a base del alga *Ascophyllum nodosum* fue el tratamiento T4 con un promedio de 5.5 cm. Sin embargo, a pesar de que el T4 fue el tratamiento que mayor asimilo los efectos del biofertilizante, siendo el T0 testigo el que registro mayores resultados con promedios en la longitud de hoja de 6.13 cm, siendo superior a los tratamientos T1, T2 y T3 con longitudes de 5.5 cm, 5.48 cm y 5.04 cm, con alga marina los cuales fueron promedios no representativos.

Es relevante subrayar que el coeficiente de variación fue del 21.83%. este indicador describe la disgregación de los datos entorno a la media. Por lo tanto, aunque los tratamientos incluyeron diferentes concentraciones de biofertilizantes, estos no parecen haber generado un impacto significativo en la longitud de hoja de las plantas evaluadas.

Figura 8

largo de hojas a los 30 días.



Los promedios de este estudio fueron superiores que los presentados por *Shakir & Salman* (42), quienes al aplicar distintos biofertilizantes a base de extractos de algas marinas tuvo una longitud en el área foliar de 3.75 cm.

Laverde et al. (41), aportan que la nutrición de las plantas con base a extractos de algas depende del tipo de suelo y el tipo de cultivos por lo que en hortalizas como pimiento y tomate su acción es mayor, por lo que estimulan el crecimiento de la biomasa aérea potenciando la calidad de los cultivos.

3.11.3. Ancho de hoja (cm)

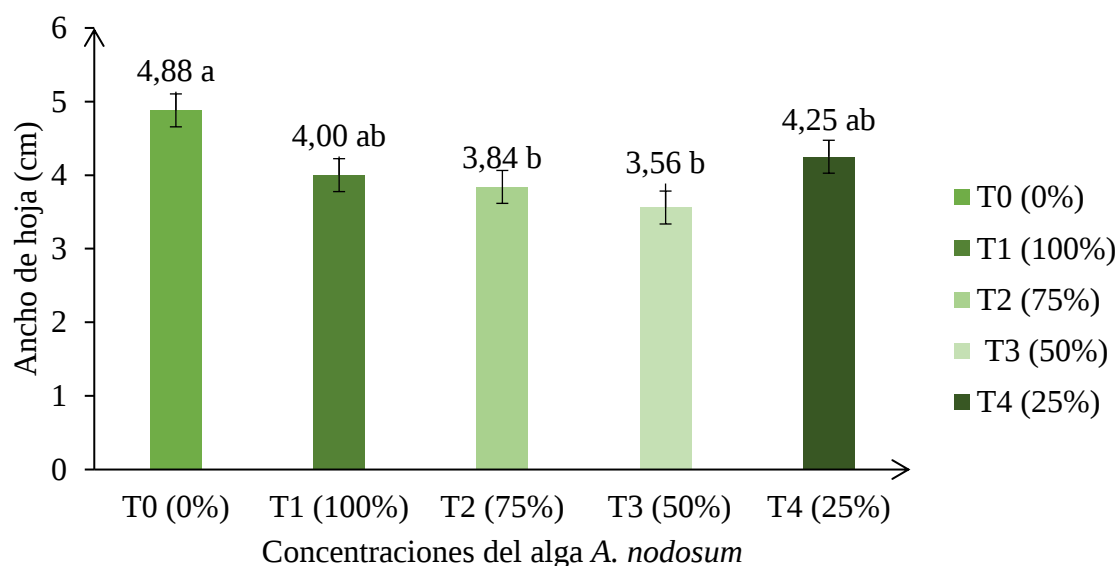
De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA), se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) en la variable "ancho de hojas" (Tabla 9). En siguiente (Figura 9) se describen la longitud de hoja en función a las diferentes concentraciones del alga, la cual revela que el tratamiento T4, que incorpora el uso del alga

marina *Ascophyllum nodosum*, registró el mayor promedio en el ancho de las hojas (4.25 cm) entre los tratamientos que utilizaron dicho biofertilizante. Sin embargo, es crucial destacar que, a pesar de este rendimiento elevado en el tratamiento T4, el mismo no logró superar al testigo experimental, identificado como T0, que presentó un ancho de hoja superior de 4,88 cm. Este hallazgo podría tener implicaciones importantes para el entendimiento de la eficacia relativa de los biofertilizantes marinos en la optimización del desarrollo vegetal.

Adicionalmente, se reportó un coeficiente de variación del 22,86%, un indicador que mide la dispersión relativa de los datos alrededor de la media. Aunque este coeficiente señala cierta variabilidad entre los tratamientos, el hecho de que se haya identificado una diferencia estadística significativa sugiere que dicha variabilidad podría ser atribuible a los diferentes tratamientos aplicados, más que al azar o a errores experimentales.

Figura 9

Ancho de hoja a los 30 días.



Los promedios de este estudio muestran que estos resultados coinciden con los indicados por Andrade & Garces (43), donde al utilizar un bioestimulante desarrollado con algas marinas, influyó en el crecimiento del cultivo de pimiento, pues promueve un mayor vigor y eficiencia productiva.

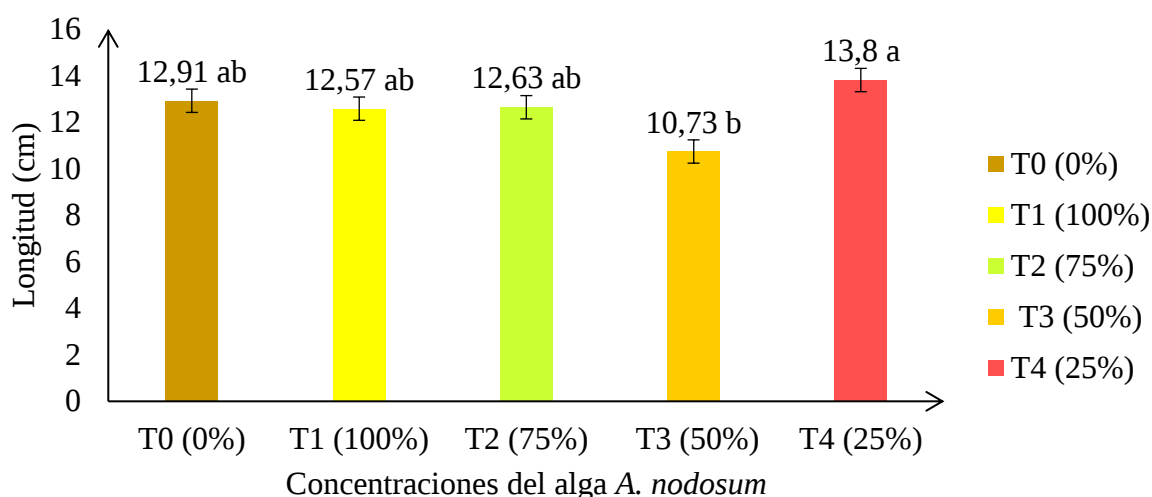
Este mismo resultado armoniza con lo que dice *Salazar et al.* (44), que encontró que la aplicación foliar de un extracto de algas produjo plantas con mayor área foliar que el testigo por ende habrá mayor fotosintetizarían ayudando al crecimiento de la planta.

3.11.4. Longitud de la raíz (cm)

Conforme a los resultados del análisis de varianza (ANOVA), se ha identificado una diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) en la variable "longitud de la raíz" (Tabla 9). Esta información se desglosa en la (Figura 10), en la cual se observa que el tratamiento T4 alcanzó el valor más elevado para la longitud de la raíz, registrando 13,8 cm. Este dato es especialmente relevante cuando se compara con los resultados de los otros tratamientos; en particular, el tratamiento T3 presentó el valor más bajo con 10,73 cm, una longitud incluso menor que la observada en el tratamiento control T0, que fue de 12,91 cm, dichos promedios se reflejan en la siguiente. Además, se reportó un coeficiente de variación del 22,86%. Este valor representa la variabilidad relativa de los datos alrededor de la media y podría interpretarse como una indicación de la dispersión de los resultados. Dado que se ha encontrado una significancia estadística, esta variabilidad podría deberse a los efectos de los diferentes tratamientos y no a factores aleatorios o errores metodológicos.

Figura 10

Longitud de raíz a los 30 días.



Pérez et al. (35), afirma lo mismo que los resultados de la investigación, mencionando que otras algas como las *Nannochloris* spp, aumentan de mayor forma el sistema radicular,

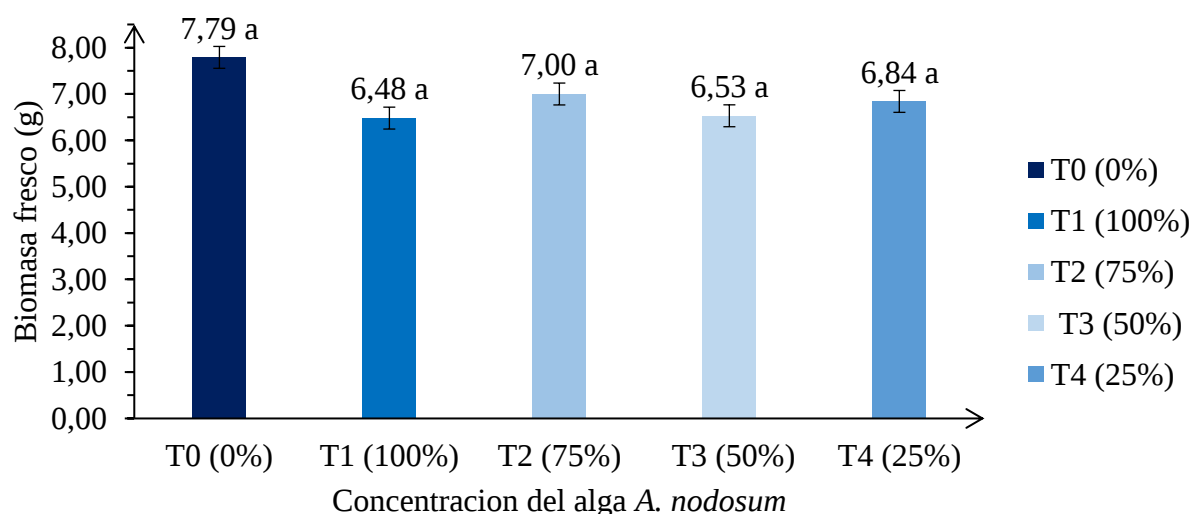
De La A & Ortega (45), en su investigación evaluaron dos bioestimulantes sobre el crecimiento del pimiento a los 20 días de haber germinado las plantas dando como resultados plantas con un diámetro de raíz inferior a 10 cm, indicando que el alga marina es buena para aumentar el índice foliar de los cultivos, pero a nivel radicular sugiriendo que el alga marina es mucho más efectiva combinándola con otro tipo de bioestimulantes.

3.11.5. Biomasa fresca (g)

En el análisis de la variable "Biomasa fresca" de la (Tabla 9), se observan resultados que, aunque varían en magnitud, no parecen indicar diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos, ($P \geq 0.05$), En la (Figura 11) específicamente se puede observar que el tratamiento control T0 presentó el valor más alto para la biomasa fresca, registrando un promedio de 7.79 g. En contraste, el tratamiento T1 registró el promedio más bajo con 6.48 g, seguido de cerca por el tratamiento T3 con un promedio de 6.53 g. Los tratamientos T2 y T4 mostraron promedios de 7.00 g y 6.84 g, respectivamente. Es relevante subrayar que el coeficiente de variación (C.V.) fue del 12.81%. Este índice describe la dispersión de los datos y en este contexto podría considerarse relativamente bajo, sugiriendo que los resultados son razonablemente consistentes entre los tratamientos. Por lo tanto, aunque los tratamientos incluyeron diferentes abordajes y/o concentraciones de biofertilizantes o sustancias similares, estos no parecen haber generado un impacto significativo en la biomasa fresca de las plantas evaluadas.

Figura 11

Biomasa fresca a los 30 días.



Dichos resultados son superiores que los expuestos por *Silambarasan et al.* (46), quienes al implementar residuos de biomasa de algas como fertilizante obtuvieron un incremento en el peso de la biomasa del cultivo de tomate de 1.78 g.

Los resultados concuerdan con los expuestos por *Kumar & Nikhil* (47), quienes al incorporar las algas marinas como fertilizante tuvieron un peso en la biomasa fresca superar a 1.48 e inferior al 0.86 g.

Javier et al. (48), Indica que el empleo de algas marinas para la producción de cultivos e incremento de biomasa se ve limitado por las características fisicoquímicas del suelo por lo que si no se maneja un buen contenido de materia orgánica es probable que el incremento se vea afectado por la composición del suelo y el tipo de suelo.

3.11.6. Biomasa seca (g)

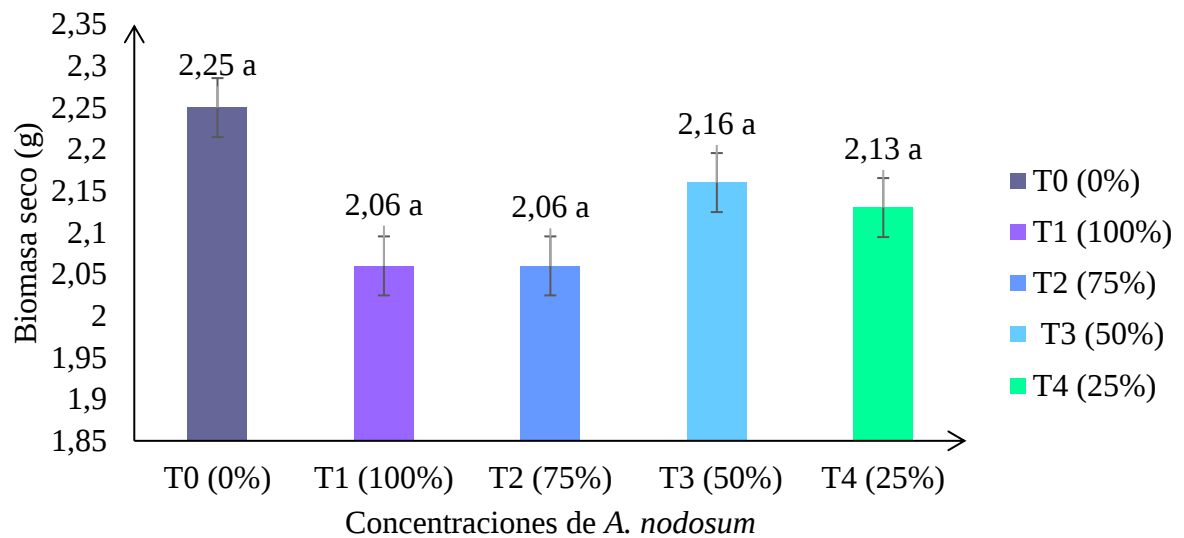
Conforme a la (Tabla 9), la cual detalla el peso promedio de la biomasa seca de los plantines de pimiento picante Carolina Reaper durante su etapa inicial de desarrollo, el análisis de varianza revela que no existen diferencias estadísticamente significativas en la variable biomasa seca ($P > 0.05$).

El coeficiente de variación obtenido fue de 12.75%, indicando una dispersión relativamente baja de los datos y, por lo tanto, una consistencia aceptable entre los diferentes tratamientos evaluados. En el marco de este estudio en la (Figura 12), se observó que el tratamiento control T0 mostró un mayor peso promedio de la biomasa seca, registrando 2.25 g. Este valor se contrasta con los obtenidos en los tratamientos T3 y T4, que presentaron pesos en la biomasa seca de 2.16 g y 2.13 g respectivamente. Los tratamientos T1 y T2 exhibieron los valores más bajos para esta métrica, con un peso promedio en la biomasa seca de 2.06 g cada uno.

Es especialmente notorio que, aunque se empleó el alga marina *Ascophyllum nodosum* en varios de los tratamientos, estos no mostraron una diferencia significativa en la biomasa seca en comparación con el tratamiento control. En otras palabras, las aplicaciones con alga marina *A. nodosum* no demostraron ser representativas en términos de incremento de la biomasa seca.

Figura 12

Biomasa seca a los 30 días.



Adicionalmente se consultaron varios estudios sobre el uso de algas marinas como fertilizantes, *Michalak et al.* (49), emplearon extractos de alga *Fucus sp.* Como biofertilizante obteniendo un peso seco de la biomasa de 0.074 g.

Salazar et al. (50), en su investigación empleo diferentes niveles de algas marinas sola y combinada con fertilizante obteniendo una biomasa seca de 132.35 g y combinada de 160.46 g en el cultivo de pimiento.

Cepeda et al. (51), emplearon dosis de alga nori en distintas concentraciones obteniendo una biomasa seca de 1.57 g aplicando el 100% de la concentración de alga nori mientras que al aplicar dosis mínimas obtuvieron una biomasa de 1.25 g siendo inferior que la expuesta.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La mayor parte de las dosificaciones del biofertilizante a base del alga marina *Ascophyllum nodosum* demostraron una baja incidencia en relación a la tasa de emergencia de las semillas de pimiento picante Carolina Reaper. Sin embargo, el tratamiento T4 al 25% de concentración del alga *A. nodosum* registro una mayor tasa de emergencia con un 67.5% en relación a los tratamientos, a pesar de eso, el T0 (Testigo) registro la mayor tasa de emergencia, demostrando que con dosis de esta baja concentración del biofertilizante a base del alga *A. nodosum* influyen de manera significativa en la tasa de germinación de las semillas a diferencia de dosis de alta concentración las cuales limitan la tasa de germinación.
- Durante la estimación de los parámetros agronómicos se evidencio la evolución del cultivo mediante las aplicaciones del biofertilizante a base del alga *A. nodosum*, siendo notoria la baja asimilación de este extracto por las plantas de pimiento picante, sin embargo, en parámetros como altura de planta el T1 al 100% del alga obtuvo mayor asimilación a los 60 días con un promedio de 25.66 cm, la cual supero al testigo el cual obtuvo un promedio de 21.27 cm, en la altura de sus plantas. En parámetros como longitud y diámetro de hoja el T4 con promedios de 5.5 cm y 4.25 cm, se destacó entre los tratamientos con biofertilización, pero el T0 testigo obtuvo mejores promedios con 6.13 cm y 4.88 cm, sin embargo en variables como la longitud radicular el T4 fue superior al testigo obtenido raíces que midieron cerca de 13.8 cm mientras el T0 obtuvo un promedio de 12.71 cm, demostrando que las altas y bajas concentraciones del extracto de algas como la *Ascophyllum nodosum* genera un estímulo en la planta logrando que esta se desarrolle lentamente hasta alcanzar un óptimo rendimiento.
- Desde un punto de vista crítico, las algas marinas promueven un mayor crecimiento en cultivos como pimiento, pero durante la etapa inicial su efecto es mucho más lento, en parámetros como la biomasa el T4 obtuvo valores altos comparados con tratamientos biofertilizados con el alga *A. nodosum*, sin embargo, el T0 testigo fue superior debido a la baja asimilación de estos extractos por las plantas durante la etapa inicial, logrando con las algas marinas plantas con mayor peso y vigorosidad.

4.2. Recomendaciones

- Replicar el estudio empleando mayores dimensiones en las unidades experimentales con el biofertilizante a base del alga *A. nodosum* frente a otros bioproductos de origen orgánico y así poder apreciar los efectos.
- Realizar el mismo estudio durante otras etapas fenológicas del cultivo para determinar la efectividad del alga *A. nodosum* a nivel de campo.
- Aumentar la frecuencia de aplicaciones del biofertilizante a base del alga *A. nodosum* para observar cómo varían los parámetros agronómicos de la planta.

CAPITULOS VI

BIBLIOGRAFIA

6.1. Bibliografía

1. Jin N, Jin L, Wang S, Li J, Liu F, Liu Z, et al. La reducción de fertilizantes químicos combinados con fertilizantes biorgánicos afecta la comunidad microbiana del suelo y el rendimiento y la calidad de la lechuga. *Fronteras en microbiología* [Internet]. el 21 de abril de 2022;13(863325):1–14. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2022.863325/full>
2. Tejada M, Gonzalez JL. Influencia de las enmiendas orgánicas en la estructura y pérdida del suelo bajo lluvia simulada. *Investigación de suelos y labranza* [Internet]. marzo de 2007;93(1):197–205. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167198706000870>
3. Garcia J, Sommerfeld M. Propiedades biofertilizantes y bioestimulantes de la microalga *Acutodesmus dimorphus*. *Revista de Ficología Aplicada* [Internet]. el 29 de abril de 2016;28(2):1051–61. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s10811-015-0625-2>
4. Rizo M, Vuelta D, Lorenzo A. Agricultura, desarrollo sostenible, medioambiente, saber campesino y universidad. *Ciencia en su PC* [Internet]. 2017;1(2):106–20. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1813/181351615008/html/>
5. Benavides A. Bioestimulantes agrícolas: importancia y definición. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro [Internet]. 2021;1–12. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Adalberto-Benavides-Mendoza/publication/354423869_Bioestimulantes_agricolas_importancia_y_definicion/links/6137c547cf1e892b691a1d49/Bioestimulantes-agricolas-importancia-y-definicion.pdf
6. Curtis A, Marasssi M. Crecimiento y desarrollo [Internet]. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional del Nordeste; 2014. 1–17 p. Disponible en: <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Gu%C3%ADa%20de%20Estudio-Crecimientoydesarrollo.pdf>
7. Murcia M, Ramirez J. Producción y manejo de semilla de caña panelera [Internet]. Bogotá, Colombia: Corpoica, Editorial; 2015. 1–47 p. Disponible en:

<https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/34328/66414.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

8. Bajarano C, Méndez H, Gordillo E. Fertilización orgánica comparada con la fertilización química en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*), para minimizar el efecto de degradación del suelo [Internet]. Ibarra, Ecuador; 2004. 1–128 p. Disponible en:
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/224/1/03%20REC%2042%20TESIS.pdf>
9. Mengel K, Kirkby E. Principios de nutrición vegetal [Internet]. 4a ed. Instituto Internacional del Potasio; 2000. 1–597 p. Disponible en:
https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf
10. Vargas P, Best S, Aguilera H, Flores F, Alarcón V. Estimación de rendimiento y calidad. En: Introducción a la agricultura de precisión 40 en huertos de arándanos [Internet]. INIA; 2022. p. 35–54. Disponible en:
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68559/Capitulo%203.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
11. Miranda F. Cambios fisiológicos, daños por frío, perfil químico y extracción de capsaicinoides de frutos de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) durante su desarrollo y en poscosecha [Internet]. 2020: Universidad Autónoma Chapingo; 2020. 1–131 p. Disponible en:
<https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/28752cb9-40d4-434b-93cb-7225b7f94fc7/content>
12. Muñoz L. Selección de variedades de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con fines industriales [Internet]. Mérida, México: Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.; 2020. 1–146 p. Disponible en:
https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1827/1/PCB_D_Tesis_2020_Liliana_Sarai_Mu%C3%B1oz_Ram%C3%ADrez.pdf

13. Walker SJ, Funk P, Joukhadar I, Place T, Havlik C, Tonnessen B. ‘Numex odyssey’, un nuevo tipo mexicano de chile verde cosechado mecánicamente. HortScience [Internet]. diciembre de 2021;56(12):1605–7. Disponible en: <https://journals.ashs.org/view/journals/hortsci/56/12/article-p1605.xml>
14. Castellanos C, Barrera J, Hernández M, Melgarejo L, Carrillo M, Rodríguez L, et al. Efecto de la densidad de plantación sobre crecimiento, producción y calidad en cinco accesiones de ají (*Capsicum* spp.) cultivadas en la Amazonia occidental colombiana. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas [Internet]. el 1 de febrero de 2011;3(1):95–109. Disponible en: http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/ciencias_horticolas/article/view/1202
15. Núñez F, Ortega R, Costa J. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes [Internet]. ilustrada. Ediciones Mundi-Prensa, editor. 1996. 607 p. Disponible en: https://books.google.com.ec/books/about/El_cultivo_de_pimientos_chiles_y_ajies.html?hl=es&id=O8fiJoRfPnQC&redir_esc=y
16. Buñay C, Gutiérrez A. Etapas fenológicas del cultivo del pimiento (*Capsicum annum*. L) var. Verde, bajo las condiciones climáticas del cantón general Antonio Elizalde (Bucay) provincia del Guayas [Internet]. Cumandá, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2017. 1–71 p. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25090/1/tesis%20024%20Ingenier%20c%3ada%20Agropecuaria%20-%20Bu%20c%3b1ay%20Christian%20-%20cd%20024.pdf>
17. Castañón G, Latournerie L, Leshner J, de la Cruz E, Mendoza M. Identificación de variables para caracterizar morfológicamente colectas de chile (*Capsicum* spp.) en tabasco, México. Universidad y ciencia [Internet]. 2010;26(3):225–34. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-29792010000300002&script=sci_abstract&tlng=pt
18. Gómez M. Riesgos musculoesqueléticos en el cultivo del pimiento. Arch Prev Riesgos Labor [Internet]. 2023;26(1):59–62. Disponible en: <https://archivosdeprevencion.eu/index.php/aprl/article/view/270>

19. Rivas O. Evaluación de insectos plaga tempranas y daños al cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), referenciados y convalidados al umbral económico, Manta, 2021 [Internet]. Manta, Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí; 2021. 1–65 p. Disponible en: <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/3338/3/ULEAM-AGRO-0092.pdf>

20. Chiriboga J. Adaptación y rendimiento de ocho variedades de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en invernadero, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. [Internet]. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo; 2019. 1–77 p. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10735/1/13T0878.pdf>

21. Catagua W, Lopez F. Evaluación de tres materiales de pimiento *Capsicum annuum* L. cultivados con dos sistemas de tutorio [Internet]. [Guayaquil, Ecuador]: Universidad de Guayaquil; 2016. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/10138/1/Catagua%20Mendoza%20Wilson%20Laudino.pdf>

22. Rita P. “Biofertilizantes” una revisión sistemática de la literatura científica en los últimos 10 años. Revista de ingeniería de alta tecnología [Internet]. el 25 de enero de 2022;2(1):90–7. Disponible en: <https://revista.uct.edu.pe/index.php/hightech/article/view/229>

23. Santillán M. Así funcionan los biofertilizantes [Internet]. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); 2019. 1–9 p. Disponible en: https://ciencia.unam.mx/leer/570/Asi_funcionan_los_biofertilizantes

24. Pereira L, Morrison L, Shukla P, Critchley A. Una revisión concisa de la macroalga parda *Ascophyllum nodosum* (Linnaeus) Le Jolis. Revista de Ficología Aplicada [Internet]. enero de 2020;32(6):3561–84. Disponible en: <https://link.springer.com/10.1007/s10811-020-02246-6>

25. Pérez K. Evaluación de la respuesta del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) a la aplicación foliar y en Drench de un extracto acuoso de algas marinas [Internet]. Cevallos,

- Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2022. 1–57 p. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36368/1/Tesis-324%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20P%C3%A9rez%20Jineza%20Kleber%20Stalin.pdf>
26. Hamed S, Abd A, Abdel N, Ibraheem I. Papel de las macroalgas marinas en la protección y conservación de plantas. Mejora de la tecnología agrícola sostenible. Revista de Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Beni-Suef [Internet]. marzo de 2018;7(1):104–10. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2314853517301294>
 27. Soto G, Monar P, Garcia Y, Simbaña A, Tello G, Brito J, et al. Propuesta de un protocolo para la obtención de fertilizante orgánico a partir de microalgas. Revista Científica ASA [Internet]. 2020;92–109. Disponible en: <https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/2834>
 28. Espinosa A, Hernández M, González M. Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. Biotecnol Veg [Internet]. 2020;20(4):257–82. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/bvg/v20n4/2074-8647-bvg-20-04-257.pdf>
 29. Hernández R, Santacruz F, Ruiz M, Norrie J, Hernández G. Efecto de extractos líquidos de algas marinas sobre el crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista de Ficología Aplicada [Internet]. 2014;26(1):619–28. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-013-0078-4>
 30. Hernández R, Santacruz F, Brinceño D, Filippo D, Hernandez G. Las algas marinas como potenciales estimulantes del crecimiento vegetal para la agricultura en México. Hidrobiológica. 2018;28(1):129–40.
 31. Pérez Alva A, Ramírez Rodrigues M, Baigts Allende D. ¿Algas en mi comida? Revista Digital Universitaria [Internet]. 2023;24(4):1–10. Disponible en: <https://www.revista.unam.mx/category/volumen24/page/12/>
 32. Albán A, Véliz D. Elementos esenciales (N, P, K), pH y CE del horizonte C en el suelo del campus La María, cantón Mocache [Internet]. Mocache, Ecuador:

- Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2019. 1–104 p. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/51fa25d2-a052-4325-bf1c-08eb88c6c287/content>
33. Vera D, Orrala M, Mendoza C, Sabando F. Labranza mecanizada y fertilización del suelo: efectos sobre el comportamiento agronómico y productividad del cultivo de maíz (*Zea mays* L). Ciencia y Tecnología [Internet]. 2023;16(1):1–87. Disponible en: <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/650>
 34. Simbaña A, Valdano T. Evaluación de un fertilizante microalgal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). [Internet]. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador; 2019. 1–65 p. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/17805/1/T-UCE-0004-CAG-070.pdf>
 35. Pérez Y, López I, Reyes Y. Las algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. Cultivos Tropicales [Internet]. 2020;41(2):1–10. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362020000200009&script=sci_arttext&tlng=pt
 36. Di ‘Filippo D, Muñoz M, Hernández R, Hernández G. Actividad bioestimulante de extractos de algas individuales y combinados sobre la germinación y el crecimiento del frijol mungo. Revista de Ficología Aplicada [Internet]. 2019;31(3):2025–37. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s10811-018-1680-2>
 37. Quiancha W, Espinoza A. Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de Ají Jalapeño (*Capsicum annuum* L.), sometido a tres niveles de fertilización y dos bioestimulantes orgánicos en la zona de Pifo, provincia de Pichincha [Internet]. Babahoyo, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo; 2014. 1–110 p. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/637/T-UTB-FACIAG-AGR-000111.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 38. Cano I, Menace M. Respuesta del cultivo de ají habanero (*Capsicum chinense*) a la aplicación de tres abonos foliares a base de algas marinas en el recinto Guapara, provincia de Cotopaxi [Internet]. Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2020. 1–64 p. Disponible en:

<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5dc25818-9847-453c-ac6c-2b9518bfd557/content>

39. Ashour M, Hassan S, Elshobary M, Ammar G, Gaber A, Alsanie W, et al. Impacto del bioestimulante comercial de extracto líquido de algas (Tam®) y sus moléculas bioactivas sobre el crecimiento y las actividades antioxidantes del pimiento picante (*Capsicum annuum*). Plantas [Internet]. 2021;10(6):1–13. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/6/1045>
40. Vega W. Evaluación del rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*) mediante la aplicación edáfica de extractos de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*), ácidos húmicos y fúlvicos en la zona de Quevedo. [Internet]. Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2016. 1–75 p. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstreams/1a4e9f78-0a4b-47b0-8b6e-3a8e4bb2c860/download>
41. Laverde C, Muñoz J, Luna R. Producción urbana del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) con aplicación de abonos foliares y concentraciones de sustratos [Internet]. La Mana, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi; 2021. 1–82 p. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7297/1/UTC-PIM-000308.pdf>
42. Shakir Z, Salman F. Efecto de la fertilización orgánica y biológica sobre algunos indicadores cuantitativos y cualitativos de algunas variedades de ají. Revista Internacional de Educación Especial [Internet]. 2022;37(3):8012–8. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Fouad-Salman-2/publication/364825174_Effect_of_Organic_and_Biological_Fertilization_on_Some_Quantitative_and_Qualitative_Indicators_of_Some_Chili_Pepper_Varieties/links/635c4ded6e0d367d91d585cb/Effect-of-Organic-and-Biological-Fertilization-on-Some-Quantitative-and-Qualitative-Indicators-of-Some-Chili-Pepper-Varieties.pdf
43. Andrade O, Garces A. Respuesta productiva del *Capsicum annuum* L. a la aplicación de un bioestimulante como complemento de una fertilización edáfica química. Delos [Internet]. 2019;12(34):1–11. Disponible en: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/521>

44. Salazar W, Monge J, Loría M. Aplicación foliar de fertilizantes y extracto de algas en pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. Av Investig Agropecu [Internet]. 2022;26(1):1–10. Disponible en: <http://ojs.ucol.mx/index.php/agropecuaria/article/view/753>
45. De La A Z, Ortega L. Evaluación de dos bioestimulantes sobre el crecimiento inicial de Pimiento *Capsicum annuum* var. Marconi en la parroquia Anconcito, provincia de Santa Elena [Internet]. La Libertad, Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena; 2022. 1–54 p. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8799/1/UPSE-TIA-2022-0076.pdf>
46. Silambarasan S, Logeswari P, Sivaramakrishnan R, Incharoensakdi A, Cornejo P, Kamaraj B, et al. Eliminación de nutrientes de aguas residuales domésticas mediante microalgas junto con aumento de lípidos para la producción de biodiesel e influencia de la biomasa de algas desengrasadas como biofertilizante para el cultivo de *Solanum lycopersicum*. Quimiosfera [Internet]. 2021; 268:129–323. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653520335207>
47. Dhirendra Kumar KN. Efecto de los abonos FYM, NPK y algas sobre el crecimiento y la biomasa de la hierba vetiver *Vetiveria zizanioides* L. Nass. Revista Internacional de Ingeniería y Ciencias Aplicadas [Internet]. 2016;3(3):85–9. Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/47593763/IJEAS-pap2-DK_KN-2016-libre.pdf?1469717536=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DIJEAS_pap2_DK_KN_2016.pdf&Expires=1697855395&Signature=YHinMzpNG7tXWlcoUAF9JNXtkKzdSK~s6HXNI4oUSoMrmZ8LXm7wL4ujfUvVUJVoGv5bjJlVPEqa481dd6SFntIw~PPjjgbxdoo7EiwUu68VtzSlkqOb7HvryBElnN8H~DxJAWkjb3MH1EoKoKCmbwWf3bHdgJMNUXHaOYJ1gse79BKGsycT39a7BiOUN~LmozLu018NIhZQLDvYyBacDDyDgIZFaa9~isA5YTrN4fso7IHTzUYscAYk5azmgYmX2vJ3bKhbbKB5MfD31bB-RMxXupETFL03T0KmnWF2fpzhcsf447SDQGqyGovdljYiaBYIEHlQOBGgYJ2uWvMovw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
48. Javier L, Palacios R, Ramírez A, Hernández H, Antonio M, Yam J, et al. Producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en lombricomposta con fertilización

- orgánica. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios [Internet]. 2022;9(3):1–10. Disponible en: <https://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/3348>
49. Michalak I, Tuhy Ł, Chojnacka K. Co-compostaje de algas y efecto del compost sobre la germinación y crecimiento de *Lepidium sativum*. Revista polaca de estudios ambientales [Internet]. 2016;25(3):1107–15. Disponible en: <http://www.pjoes.com/doi/10.15244/pjoes/61795>
50. Salazar W, Monge J, Loría M. Aplicación foliar de extracto de algas y fertilizantes en pimiento (*Capsicum annuum*). Revista de Investigación de la UNED [Internet]. 2022;14(2):42–99. Disponible en: <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/87715/4299-Monge-Pimiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
51. Cepeda M, Álvarez A, Monge M, Batista A, Chanaluiza J. Uso de la macroalga *Porphyra umbilicalis* en la emergencia, crecimiento y producción en el cultivo de rábano "*Raphanus sativus* L". Ciencia y Tecnología [Internet]. 2023;16(1):29–34. Disponible en: <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/698>

CAPITULO VII

ANEXO

Anexo 1 *Análisis de varianza de la altura de planta a los 30 días.*

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	41.56	4	10.39	10.00	<0.0001
Tratamientos	41.56	4	10.39	10.00	<0.0001
Error	72.71	70	1.04		
Total	114.27	74			

Anexo 2 *Análisis de varianza de la longitud de raíz a los 30 días.*

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	75.12	4	18.78	2.24	0.0733
Tratamientos	75.12	4	18.78	2.24	0.0733
Error	586.70	70	8.38		
Total	661.82	74			

Anexo 3 *Análisis de varianza de la longitud de la hoja a los 30 días.*

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	9.19	4	2.30	1.58	0.1897
Tratamientos	9.19	4	2.30	1.58	0.1897
Error	101.89	70	1.46		
Total	111.08	74			

Anexo 4 *Análisis de varianza del diámetro de hoja a los 30 días.*

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	14.92	4	3.73	4.23	0.0040
Tratamientos	14.92	4	3.73	4.23	0.0040
Error	61.67	70	0.88		
Total	76.59	74			

Anexo 5 *Análisis de varianza de la biomasa fresca a los 30 días.*

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	16.73	4	4.18	sd	sd
Tratamientos	16.73	4	4.18	sd	sd
Error	0.00	70	0.00		
<u>Total</u>	<u>16.73</u>	<u>74</u>			

Anexo 6 *Análisis de varianza de la biomasa seca a los 30 días.*

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	0.38	4	0.09	sd	sd
Tratamientos	0.38	4	0.09	sd	sd
Error	0.00	70	0.00		
<u>Total</u>	<u>0.38</u>	<u>74</u>			

Anexo 7 *Análisis de varianza de la altura de planta a los 60 días*

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	172.92	4	43.23	1.99	0.1061
Tratamientos	172.92	4	43.23	1.99	0.1061
Error	1523.99	70	21.77		
<u>Total</u>	<u>1696.92</u>	<u>74</u>			

Anexo 8 Preparación de las concentraciones del biofertilizante.



Anexo 9 Concentraciones de biofertilizante a base de *A. nodosum*.



Anexo 10 Siembra y aplicación de biofertilizante.



Anexo 11 *Germinación de las semillas de pimiento picante.*



Anexo 12 *Limpieza de terreno.*



Anexo 13 *Siembra de plantines.*



Anexo 14 Colocación de rótulos para identificar los tratamientos.



Anexo 15 Peso de la biomasa fresca.



Anexo 16 Aplicación de biofertilizante.



Anexo 17 Toma de variables agronómicas.



Anexo 18 Aplicación de herbicidas.



Anexo 19 Croquis de campo.

